



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Kamuflážní termochromní výstroj

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie
Autor práce: **Bc. Nikola Ctiborová**
Vedoucí práce: doc. Ing. Martina Víková, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



Camouflage thermochrome equipment

Master thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering
Study branch: 3106T017 – Clothing and Textile Engineering
Author: **Bc. Nikola Ctiborová**
Supervisor: doc. Ing. Martina Víková, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikola Ctiborová**
Osobní číslo: **T16000053**
Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**
Studijní obor: **Oděvní a textilní technologie**
Název tématu: **Kamuflážní termochromní výstroj**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a struktur**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na základě dostupné literatury zpracujte rešerši dosavadních poznatků v oblasti termochromních systémů a jejich vlastností. Zpracujte dokumentaci českého vojenského kamuflážního vzoru pro vzor: urban, poušť a lesní kamufláž.
2. Na základě znalostí vojenské kamufláže vyvzorujte vojenskou termochromní kamufláž se změnou: lesní - písková, urban - lesní, urban - písková.
3. Pro jednotlivé kamufláže zpracujte receptury a vyhodnoťte vhodnost receptur pro vybrané kamufláže.
4. Navrhněte ochranu termochromní receptury za pomoci hydrofobní úpravy.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

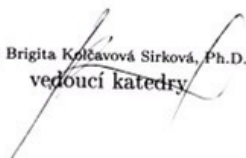
- [1] Baumfield, P.: Chromic phenomena, RSC Cambridge 2001.
- [2] Tao, X.: Smart fibres, fabrics and clothing, Woodhead publishing Ltd, Cambridge.
- [3] Časopisy: Col. Res. Appl., Die Farbe, Tex. Chem. Col., J. Soc. D. Col., atd.
- [4] Viková, M.: UV sensible sensors based on textile fibres, International Lighting and colour Conference, CapeTown, 2.-5. Nov. 2003.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Martina Viková, Ph.D.**
Katedra materiálového inženýrství
Konzultant diplomové práce: **Ing. Marcela Pechová**
Datum zadání diplomové práce: **14. března 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **7. prosince 2018**


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

V Liberci dne 16. dubna 2018




Ing. Brigita Kolářová Sirková, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Martině Víkové, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, odborné konzultace a čas při řešení problematiky. Také bych ráda poděkovala doc. Ing. Michalu Víkovi, Ph.D. za odborné rady a připomínky.

Dále děkuji Ing. Marcelu Pechové za cenné rady, vstřícnost a ochotu, kterou mi v průběhu práce věnovala.

Velké poděkování patří mé rodině za všestrannou podporu při studiu.

Anotace

Diplomová práce je zaměřena na zpracování a vyhodnocení vhodných receptur a technologií pro vybrané kamuflážní vzory. Cílem práce je vyvzorovat český vojenský kamuflážní vzor 95, který se vlivem tepla mění ze zeleného potisku na béžový. Další barevnou variantou je městský kamuflážní vzor.

Teoretická část obsahuje rešerši dosavadních poznatků v oblasti termochromních systémů a jejich vlastností. Dále je popsán český kamuflážní vzor, barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ a barevná difference ΔE^* . V této části je také uvedena měřicí aparatura kamuflážních textilií.

Experimentální část je zaměřena na testování vybraných zkoušek stálobarevnosti u termochromních pigmentů s použitím UV absorbéru a hydrofobní úpravy. Následně jsou vzorky změřeny pomocí kolorimetrických přístrojů a hodnoty zpracovány.

Klíčová slova: termochromismus, český vojenský kamuflážní vzor, zkoušky stálobarevnosti, barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$, barevná difference ΔE^* , UV absorbér, hydrofobní úprava

Annonation

This master thesis is focused on processing and evaluation of suitable recipes and technologies for selected camouflage designs. The aim of the thesis is to outline Czech military camouflage pattern 95, which changes from green to beige due to heat. Another color option is the urban camouflage pattern.

Theoretical part consists of background a research in the field of thermochromic systems and their properties. Further there is described Czech camouflage pattern, the color space CIE $L^*a^*b^*$ and the color difference ΔE^* . This part also includes measuring equipment for camouflage fabrics.

The experimental part is focused on the testing of selected color fastness tests for UV absorber thermochrome pigments and hydrophobic treatment. Subsequently, the samples are measured using colorimetric instruments and processed.

Keywords: thermochromism, czech army camouflage pattern, color fastness tests, CIE $L^*a^*b^*$ color space, color difference ΔE^* , UV absorber, hydrophobic treatment

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 11 |
| 1. Teoretická část | 12 |
| 1.1 Termochromismus..... | 12 |
| 1.1.1 Reversibilní termochromní organický systém | 12 |
| 1.1.2 Reversibilní nepřímé termochromní systémy | 12 |
| 1.1.3 Kompozitní termochromní materiály..... | 13 |
| 1.1.4 Termochromní pigmenty | 13 |
| 1.2 Kolorimetrie | 16 |
| 1.2.1 Barevný prostor CIE | 17 |
| 1.2.2 Standardní pozorovatelé | 17 |
| 1.2.3 CIE $L^*a^*b^*$ | 18 |
| 1.2.4 Barevná odchylka ΔE^* | 19 |
| 1.2.4 Přístroje používané v kolorimetrii | 20 |
| 1.2.4.1 Měřicí geometrie..... | 20 |
| 1.2.4.2 Kolorimetry..... | 22 |
| 1.2.4.3 Spektrofotometry | 22 |
| 1.3 Kamuflážní efekt..... | 23 |
| 1.3.1 Současné typy kamufláže..... | 23 |
| 1.4 Český vojenský kamuflážní vzor | 25 |
| 1.4.1 Uniforma vzor 95 | 26 |
| 1.4.2 Definování barev..... | 28 |
| 1.4.3 Kombinace barev | 29 |
| 1.4.4 Složení maskovacího vzoru | 31 |
| 1.4.5 Opakovatelnost vzoru | 31 |
| 1.5 Kamuflážní textilie..... | 32 |
| 1.5.1 Barviva pro kamuflážní systémy | 32 |
| 1.5.2 Kolorimetrická měření kamuflážních materiálů | 33 |
| 1.5.3 Spektrální charakteristika průměrné zeleně ve střední Evropě..... | 33 |
| 1.5.4 Princip měření kamuflážních systémů | 35 |
| 2. Experimentální část..... | 39 |
| 2.1 Použité termochromní pigmenty | 39 |
| 2.2 Příprava vzorků pro receptování | 39 |
| 2.3 Parametry tkaniny s kamuflážním efektem..... | 40 |
| 2.4 Receptování..... | 41 |
| 2.5 Zkoušky stálobarevnosti..... | 42 |
| 2.5.1 Příprava vzorků..... | 43 |

| | | |
|---------------------------------|---|-----------|
| 2.5.2 | Stálobarevnost v otěru | 45 |
| 2.5.2.1 | Diskuze | 48 |
| 2.5.3 | Stálobarevnost v potu..... | 49 |
| 2.5.3.1 | Diskuze | 54 |
| 2.5.4 | Stálobarevnost v domácím a komerčním praní..... | 55 |
| 2.5.4.1 | Diskuze | 58 |
| 2.5.5 | Stálobarevnost na umělém světle: Zkouška s xenonovou výbojkou | 59 |
| 2.5.5.1 | Diskuze | 61 |
| 2.5.6 | Příprava vzorků technologie II. | 62 |
| 2.5.6.1 | Diskuze | 64 |
| 2.6 | Výsledný soutisk kamuflážního vzoru 95 | 65 |
| Závěr | | 67 |
| Použitá literatura | | 69 |
| Seznam příloh..... | | 71 |
| Příloha č. 1 | – Stálobarevnost v otěru | I |
| Příloha č. 2 | – Stálobarevnost v potu – kyselý roztok | VI |
| Příloha č. 3 | – Stálobarevnost v potu – alkalický roztok..... | XI |
| Příloha č. 4 | – Stálobarevnost v domácím a komerčním praní..... | XVI |
| Příloha č. 5 | – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou – technologie I. | XXI |
| Příloha č. 6 | – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou – technologie II. | XXIV |
| Příloha č. 7 | – Výsledky měření odrazivosti | XXVII |
| Příloha č. 8 | | XXVIII |
| Příloha č. 9 | | XXVIII |
| Příloha č. 10 | | XXVIII |
| Příloha č. 11 | | XXVIII |

Seznam použitých zkratk

| | |
|---------------|---|
| ABS | Akrylonitrilbutadienstyren |
| PS | Polystyren |
| PES | Polyester |
| CO | Bavlna (Cotton) |
| PP | Polypropylen |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| PA | Polyamid |
| PET | Polyethylentereftalát |
| ČR | Česká republika |
| AČR | Armáda České republiky |
| ČOS | Český obranný standard |
| STANAG | Standardizační dohoda (STANdardization AGreement) |
| NATO | Severoatlantická aliance (North Atlantic Treaty Organisation) |
| UV | Ultrafialové záření (Ultraviolet) |
| IR | Infračervené záření (Infrared) |
| NIR | Blízká infračervená oblast (Near - infrared) |

Úvod

Smart neboli inteligentní textilie lze definovat jako textilie, které jsou schopné reagovat na vnější podmínky. Inteligentní textilie poskytují rozsáhlé možnosti využití, které je možné aplikovat ve zdravotnictví, v oboru módy a odívání, ale také v oboru technických textilií. U některých typů oděvů se využívají pro ochranu, bezpečnost, jinde pro komfort. Výsledkem dalšího rozvoje smart textilií jsou také vojenské uniformy. Již zmíněné textilie jsou pro armádu budoucností.

Vojenská uniforma je významnou součástí kultury společnosti a zároveň vyzařuje přirozenou autoritu. Vojenský stejnokroj především maskuje, ochraňuje vojáka proti klimatickým podmínkám a svou významnou funkci plní i v komunikačním systému. Z vojenské uniformy je možné vyčíst nejen informaci o jejích nositelích, ale i o armádách, ve kterých slouží. Podle typu uniformy jsou kladeny požadavky na střih, barvu a materiálové složení.

Termochromní materiály mění barvu působením tepla. V textilních oborech se využívají termochromní barviva v mikrokapsulích, které se aplikují do textilií jako pigmenty. Barevná změna těchto chameleonních pigmentů je reversibilní nebo ireversibilní. Daný pigment může přecházet z barevné formy na bezbarvou, z bezbarvé na barevnou, anebo z jednoho odstínu na druhý.

Diplomová práce svým tématem navazuje na Bakalářskou práci zaměřenou na sledování kryvosti termochromních pigmentů pro kamuflážní textilie. Práce se věnuje testováním vybraných zkoušek stálobarevnosti termochromních pigmentů pro vojenskou kamuflážní textilií po aplikaci UV absorbéru a hydrofobní úpravy.

Cílem této práce je vyvzorovat český vojenský kamuflážní vzor 95, který se vlivem tepla mění z béžového (substrát) potisku na zelený (předloha) s použitím UV absorbéru a hydrofobní úpravy. Další barevnou variantou je městský kamuflážní vzor.

1. Teoretická část

Teoretická část je zaměřená na dosavadní poznatky v oblasti termochromních systémů. Je zde popisován barevný prostor CIE a barevná odchylka ΔE^* . Část je také věnována české vojenské kamufláži a kamuflážním textiliím.

1.1 Termochromismus

J. H. Day definoval termochromismus jako reversibilní barevnou změnu způsobenou bodem varu tekutiny, bodem varu rozpouštědla v případě roztoku nebo bodu tání u pevných látek. Zatímco tato definice je aplikovatelná na většinu anorganických nebo organických látek, můžeme označení termochromní také aplikovat i v důležitých technických oblastech, které vyžadují i jiný externí podnět spolu s teplotou sledované barevné změny jako termochromní pigmenty.

Technicky vhodnější definice termochromismu je oddělení reversibilního termochromismu ve „vnitřním“ systému, kde teplo je jediná příčina barevné změny, od nepřímého systému, ve kterém barevná variace zahrnuje změnu prostředí okolo chromoforů vyvolanou změnou teploty. [1,2]

1.1.1 Reversibilní termochromní organický systém

V těchto systémech ohřev samotný, bez potřeby přídavku jiného činidla, způsobuje změnu barvy v chromoforu a po odstranění zdroje tepla se barva vrací do původního zabarvení a tepelně stabilního stavu. [1]

1.1.2 Reversibilní nepřímé termochromní systémy

Přesto, že termochromní sloučeniny jsou materiály s možností mnoha aplikací, v praxi vyžadují relativně vysoké teploty (okolo 400°C) pro dosažení barevného efektu. Tím je limitováno jejich použití. Dalším problémem je příprava takových materiálů, které vykazují změnu spektrálních vlastností ve vizuální části spektra. Zajímavé je také to, že barvivo samo o sobě v těchto systémech není termochromní, ale ke změnám barvy obvykle dochází přechodem těchto barviv z různých fyzikálních stavů při snížení nebo zvýšení teploty okolí.

Další aplikační oblasti, kde se uplatňuje termochromismus, jsou faxové papíry. Zde je obvykle používáno kombinací pigmentů s termochromním a ionochromním mechanismem barevné změny. [1]

1.1.3 Kompozitní termochromní materiály

Anorganické sloučeniny našly uplatnění především v oblasti tisku a u barevných tužek sloužících k indikaci přehřívání míst v přístrojích atd. Z termochromních organických materiálů jsou to pouze tekuté krystaly a konjugované polymery, u kterých bylo nalezeno důležité praktické uplatnění. Současné komerční aplikace používají kompozitní materiály založené na nepřímém termochromismu jako jsou kompozitní termochromní pigmenty a chromogenní termotropní gely. [1]

1.1.4 Termochromní pigmenty

Kompozitní termochromní pigmenty se skládají ze tří složek:

- pH citlivé barvivo,
- protonový donor, který působí jako barevná vývojka,
- hydrofobní netěkavé pomocné rozpouštědlo.

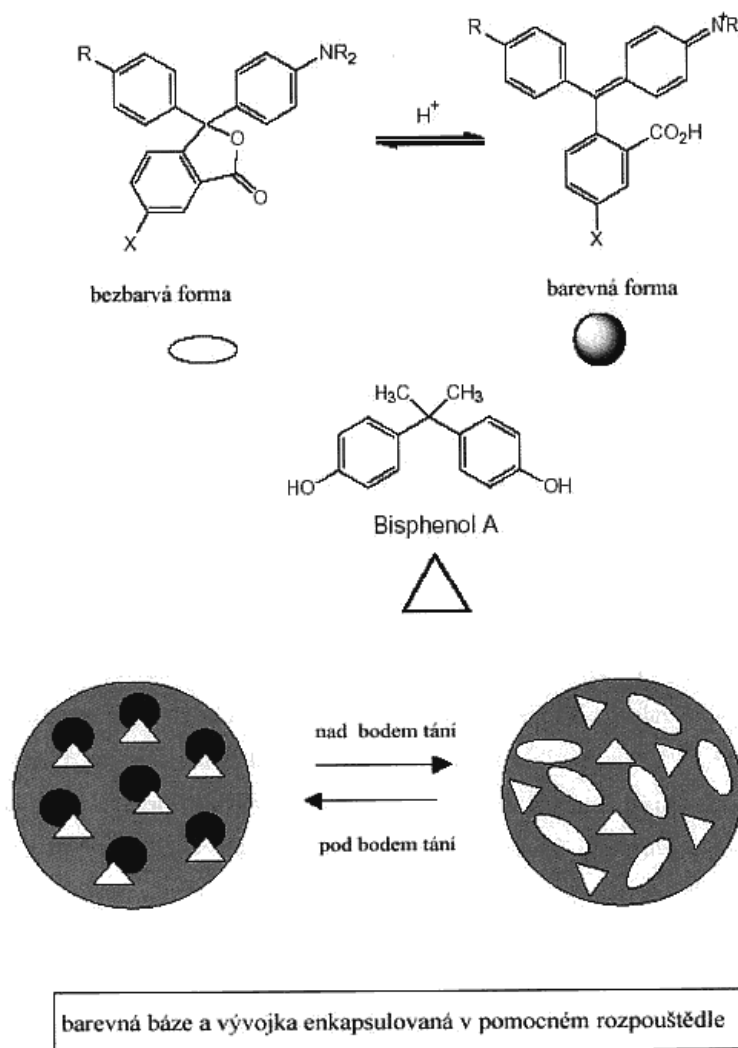
K dosažení požadovaného efektu jsou všechny složky smíchány ve specifických poměrech a obvykle enkapsulovány, aby byl systém ochráněn při následujících aplikacích. Enkapsulace pigmentu je proces, kdy se dispergované částice kapalně nebo pevné fáze vrství tenkým polymerním filmem o tloušťce 0,2 – 10 nm. Tím se zajistí stabilita pigmentu proti vnějším agresivním složkám. Nanesená vrstva je u termochromních barev neprodyšná a struktura jádra je oddělena od stěny kapsle.

pH senzitivní barviva patří do třídy spirolaktonů nebo fluoranů. Působením slabé kyseliny dochází k otevření kruhu bezbarvé formy laktonu, což má za následek barevnou reakci. Tyto látky lze použít jako barevné vývojky, nejvýznamnější je Bisphenol A, který vyvíjí brilantní barvy a barevná změna vykazuje vysoký kontrast. Často používanými pomocnými rozpouštědly jsou mastné kyseliny s nízkým bodem tání, amidy a alkoholy. Při výrobě pigmentů se barevná báze, vývojka a pomocné rozpouštědlo roztaví a ochladí za vzniku barevného pigmentu. Výsledný pigment má tyto zajímavé vlastnosti:

- změna barvy v krátkém intervalu teplot,
- různé teploty barevné změny ovlivněné pomocným rozpouštědlem,
- široký výběr barev od žluté do červené, modré, zelené a černé. [1]

Pigment je zabarvován v pevné fázi materiálu při reakci barevné báze s vývojkou, nejčastěji přes komplex s iontovým párem. Tání pomocného rozpouštědla vede k negativnímu termochromnímu efektu a ztrátě barevného zabarvení.

Pozitivní barevná změna je z barevné na bezbarvou, ale výběrem barviv citlivých na pH i z jednoho barevného odstínu na druhý. Je také možné použít směsi termochromních pigmentů s odlišným bodem tání, podobně jako u jednokomponentní směsi, kdy dochází ke změně z barevné formy na bezbarvou při teplotě bodu tání, zde dochází k postupným změnám barvy v závislosti na tání jednotlivých částí pomocného rozpouštědla. [1]



Obr. 1 Schéma kompozitu organického termochromního pigmentu [1]

Termochromní pigmenty mají možnost aplikací např. v inkoustech, nátěrech a oděvech. Nátěry jsou dostupné pro řadu substrátů včetně kovů, ABS, PP, PE, PVC, atd. Inkousty byly vyvinuty pro mnoho typů tiskových procesů (sítotisk, gravurový a flexografický, aplikace pro ofsetovu litografii). Předsměs plastických koncentrátů (Masterbatch) může být vyrobena z ABS, PS, PP, PVC, PA a PET. V oděvnictví jsou termochromní materiály používány pro výšivky, tkací příze, na přenosový papír pro přenosový tisk na různé typy textilních materiálů a také na ochranné známky či loga textilních výrobců. Příklady známého použití takovýchto materiálů jsou:

- indikátory teploty pro plastické nádoby, na dětská jídla, které mění svoji barvu,
- indikační pásy na pивní láhve, které indikují správné skladování,
- kartony mléčných výrobků s možností indikace, kdy má být vychlazená.



Obr. 2 Indikátory teploty [19,20]

Na druhé straně je třeba mít na paměti určitá omezení této technologie jako např.: nízká světlostalost termochromních pigmentů (především citlivost na UV záření), která má za následek skutečnost, že výrobky nelze dlouhodobě užívat v případech, kdy dochází ke sluneční expozici. Používání výrobků s termochromními pigmenty v teplotně zatížených prostředích, např. výrobních halách s velkými výkyvy teplot nebo v prostředí s trvale zvýšenou teplotou má za následek sníženou trvanlivost těchto výrobků. [1]

1.2 Kolorimetrie

Kolorimetrie je nauka zabývající se měřením barev. Význam slova barva je nejčastěji spojován s vjemem zprostředkovaným lidským okem. Pojmem „barva“ se všeobecně označují i vlastnosti světla a předmětů.

Barvy je možné rozdělit na achromatické a chromatické. K achromatickým barvám patří barva bílá, šedá a černá. Spektrální složení achromatických barev je charakterizováno izoenergetickou přímkou, která je rovnoběžná s osou vlnových délek a jednotlivé barvy se od sebe liší pouze celkovou energetickou úrovní. V případě, že nějaký povrch absorbuje světelné paprsky ve všech vlnových délkách stejně, jedná se o neselektivní absorpci.

Chromatické barvy jsou podle svého spektrálního složení buď jednoduché, nebo složené. K jednoduchým patří tzv. monochromatické barvy, tj. takové, které jsou vyvolány zářením jedné vlnové délky. Ke složeným chromatickým barvám patří barvy, které jsou charakterizovány spektrálním průběhem přes více vlnových délek. Od achromatických se složené barvy liší tím, že jejich spektrální průběh není přímkový (přímka rovnoběžná s osou vlnových délek), ale je charakterizován křivkou s jedním nebo více vrcholy.

Spektrálním záznamem, který nám charakterizuje určitou barvu, může být v případě sledování odrazu záření remisní křivka, v případě sledování absorpce (pohlcování záření) absorpční křivka. Remisní křivka ukazuje závislost množství odraženého světla na vlnové délce, absorpční křivka naopak závislost množství absorbovaného světla na vlnové délce.

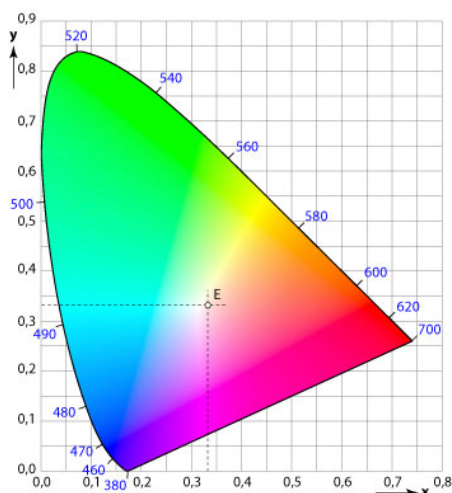
Veškeré barvy, které jsou vnímány lidským okem, jsou vytvořeny dvěma způsoby: subtraktivním a aditivním míšením barev.

Subtraktivní způsob je takový, při kterém se barva tvoří vlivem selektivní absorpce částí záření, dopadajícího na předmět. Použitím vybraných trojic barviv, pro která platí, že každá jednotlivá barva nemůže vzniknout smíšením dalších dvou, je možno jejich vzájemným míšením v libovolných poměrech získat různé barevné a odstínové kombinace. Širokou barevnou paletu je možno získat u tzv. ideálních barviv, jejichž spektra jsou charakteristická tím, že záření každé z spektrálních zón je zcela absorbováno nebo propuštěno.

Aditivní způsob spočívá ve tvoření různých barev pomocí smíšení dvou nebo několika „světelných toků“. [3]

1.2.1 Barevný prostor CIE

V roce 1931 vytvořila Mezinárodní komise pro osvětlování barevný prostor CIE XYZ, který umožňuje číselné vyjádření barvy. Ke vzniku barevného prostoru CIE 1931 přispěly experimenty, které nezávisle na sobě ve 20. letech 20. století prováděli W. David Wright (1928) a John Guild (1931). Prostor CIE RGB byl předlohou pro odvození barevného prostoru CIE XYZ a stanovení tzv. CIE standardního pozorovatele.



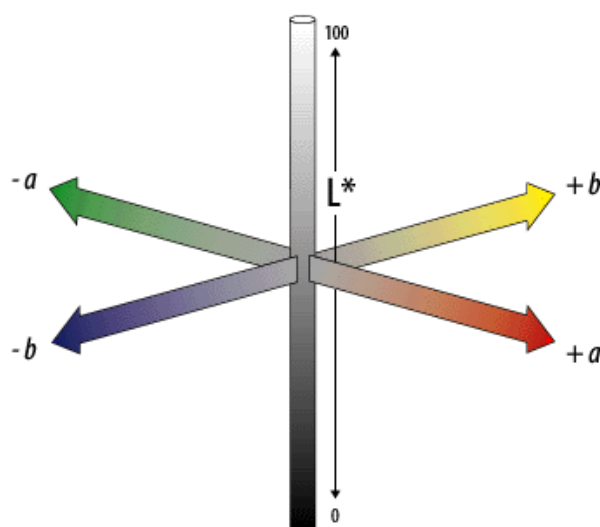
Obr. 3 CIE chromatický diagram [4]

1.2.2 Standardní pozorovatelé

Po druhé světové válce byla zkoumána a ověřována dříve prováděná měření a byly objeveny rozdíly, zejména v modrozelené oblasti spektra, pokud byly zorné úhly větší než 2° . V úplném středu sítnice uprostřed žluté skvrny je oblast nazývaná fovea. Je to jediná oblast na sítnici, kde množství barevných fotoreceptorů čípků významně převyšuje množství nebarevných fotoreceptorů pro noční vidění – tyčinek. Je-li zorné pole větší než 4° , zasahuje již barevné vidění i do oblasti s menší koncentrací čípků, což může způsobit mírnou odchylku při vnímání barev. Skutečný rozdíl je velice malý, zřídka pozorovatelný, nicméně je měřitelný. Ze zasedání CIE v roce 1964 vyplynula definice doplňkového standardního pozorovatele s 10° zorným polem, která by měla být použita při jakémkoli pozorování se zorným polem větším než 4° . Od tohoto roku by každé měření barev mělo obsahovat informaci, zda odpovídá použití definice 2° standardního pozorovatele z roku 1931 nebo definice 10° doplňkového standardního pozorovatele z roku 1964. Není-li tento údaj uveden, předpokládá se použití definice 2° standardního pozorovatele. [5]

1.2.3 CIE L*a*b*

Základní barevný prostor L*a*b* byl definován v roce 1976 na zasedání v Londýně. CIE L*a*b* je snadnou orientací, díky které lze na základě číselných údajů snadno identifikovat příslušnou barvu. Barevný prostor CIE L*a*b* vychází ze systému CIE XYZ. Svislá osa udává světlost (L*) a nabývá hodnot od 0 (černá) po 100 (bílá). Osy a* a b* označují jednotlivé barvy, přičemž červená (+a) a zelená (-a) jsou oponentní jako žlutá (+b) a modrá (-b). Jsou-li hodnoty obou os rovny 0, jedná se o neutrálně šedou barvu. [6]



Obr. 4 Model barevného prostoru CIE L*a*b* [7]

Transformační rovnice tohoto systému pro pravoúhlé souřadnice jsou dány vztahy:

$$L^* = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16 \quad (1)$$

$$a^* = 500 \cdot \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right] \quad (2)$$

$$b^* = 200 \cdot \left[\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right] \quad (3)$$

kde

$$X^* = \left(\frac{X}{X_0}\right)^{1/3} \quad \text{pro} \quad \frac{X}{X_0} > 0,008856 \quad (4)$$

$$X^* = 7,787 \left(\frac{X}{X_0}\right) + 0,138 \quad \text{pro} \quad \frac{X}{X_0} \leq 0,008856 \quad (5)$$

$$Y^* = \left(\frac{Y}{Y_0}\right)^{1/3} \quad \text{pro} \quad \frac{Y}{Y_0} > 0,008856 \quad (6)$$

$$Y^* = 7,787 \left(\frac{Y}{Y_0}\right) + 0,138 \quad \text{pro} \quad \frac{Y}{Y_0} \leq 0,008856 \quad (7)$$

$$Z^* = \left(\frac{Z}{Z_0}\right)^{1/3} \quad \text{pro} \quad \frac{Z}{Z_0} > 0,008856 \quad (8)$$

$$Z^* = 7,787 \left(\frac{Z}{Z_0}\right) + 0,138 \quad \text{pro} \quad \frac{Z}{Z_0} \leq 0,008856 \quad (9)$$

1.2.4 Barevná odchylka ΔE^*

Barevné prostory CIE $L^*a^*b^*$ a $L^*u^*v^*$ umožňují vypočítat hodnotu, která vyjadřuje vzájemnou podobnost navzájem pro dvě dané barvy. Tato hodnota se označuje ΔE^* a nazývá se barevná odchylka. V praxi se používá zejména ΔE^* vypočtené v prostoru $L^*a^*b^*$. V každém zobrazovaném a definovaném prostoru lze odvodit pro jednotlivé polohy barev vzdálenosti, které odpovídají odchylkám v hodnotě jasové složky, odchylkám v odstínu a čistotě. [8]

Celková difference, někdy označovaná jako "totální barevná difference", se vypočte v prostoru CIE $L^*a^*b^*$ podle následující rovnice:

$$\Delta E = \sqrt{\left(L_{\text{vzorek}}^* - L_{\text{s tan dard}}^*\right)^2 + \left(a_{\text{vzorek}}^* - a_{\text{s tan dard}}^*\right)^2 + \left(b_{\text{vzorek}}^* - b_{\text{s tan dard}}^*\right)^2} \quad (10)$$

je mírou velikosti rozdílu barev mezi standardem (předlohou) a vzorkem, nemůžeme však indikovat povahu této difference. Tuto dodatečnou informaci poskytuje rozdělení do tří složek, ty můžeme vyjadřovat v prostoru $L^*a^*b^*$.

V případě prostoru $L^*a^*b^*$ je situace relativně jednoduchá, neboť pracujeme v soustavě pravoúhlých souřadnic:

$$\Delta L^* = L_{2(\text{vzorku})}^* - L_{1(\text{standardu})}^*, \quad (10a)$$

$$\Delta a^* = a_{2(\text{vzorku})}^* - a_{1(\text{standardu})}^*, \quad (10b)$$

$$\Delta b^* = b_{2(\text{vzorku})}^* - b_{1(\text{standardu})}^*. \quad (10c)$$

Na základě toho, jak jsou barevné prostory definovány, je možné díky nim vyjádřit barevnou toleranci s velkou přesností. Hraniční citlivost lidského oka je na úrovni $\Delta E^* = 0,4$. Výrobní tolerance je obvykle ΔE_{CMC} nebo $\Delta E_{CIE2000} \leq 1$. [8]

1.2.4 Přístroje používané v kolorimetrii

Přístroje používané v kolorimetrii jsou konstruované pro měření barev pomocí spektrálních charakteristik nebo CIE kolorimetrických hodnot jako např. trichromatických složek. Každý přístroj je navrhován podle různých forem barvy, tj. pro měření prvotních nebo druhotných zářičů, popř. pro měření obojího. Přístroje pro měření druhotných zářičů obsahují řadu optických elementů, jako např.: světelný zdroj pro osvětlování vzorku, sadu filtrů nebo monochromátor a čidla. Uspořádání těchto elementů, jako např. geometrie měření, může být rozdílné.

Tyto přístroje lze rozdělit do tří skupin:

- kolorimetry
- spektrometry
- spektrofotometry. [9]

1.2.4.1 Měřící geometrie

V kolorimetrii jsou rozlišovány dva typy odrazů charakteristické pro barevné povrchy (sekundární zářiče). Jedná se o spektrální rozptylný odraz tzv. sekundární barevnou reflexi a celkový odraz (primární i sekundární reflexe). Podle těchto odrazů se pak dělí měření činitelů spektrálního odrazu na:

- rozptylný činitel spektrálního odrazu
- celkový činitel spektrálního odrazu.

Na základě těchto skutečností CIE doporučila geometrie měření pozorování pro kolorimetrické měření. [3]

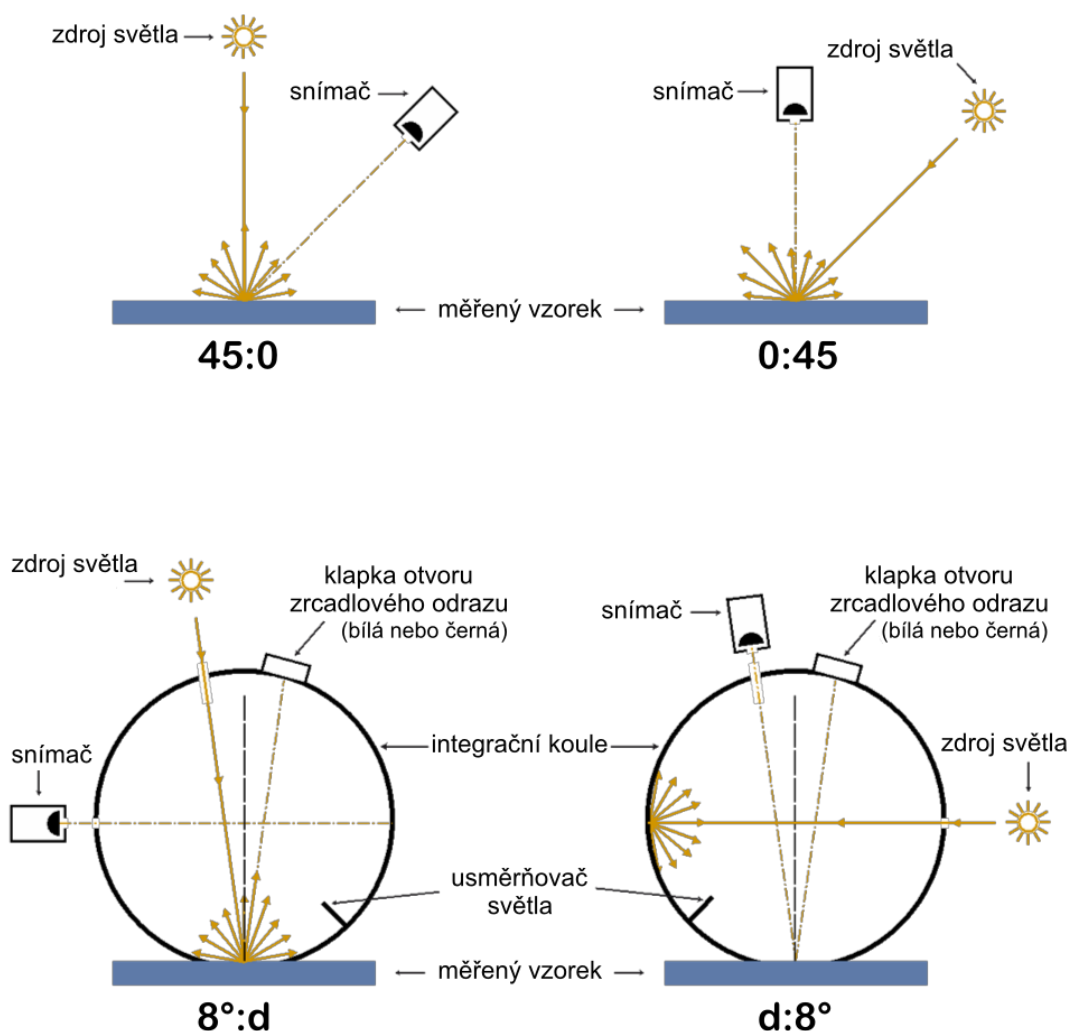
Geometrii pozorování lze rozdělit do dvou skupin:

- úhlová geometrie
- difuzní geometrie.

Při úhlové geometrii se osvětluje zkoumaný vzorek pod úhlem $45^\circ \pm 5^\circ$ od normály jeho povrchu a pozoruje se pod úhlem 0° . Jedná se o měření rozptylného stupně činitele spektrálního odrazu, kdy je měřeno spektrální složení odraženého záření bez

odrazu na zrcadlovém úhlu. Tato geometrie se označuje jako 45:0 nebo 0:45 a je vhodná především pro matné povrchy. Vzhledem k tomu, že do celkového vjemu nezohledňuje lesk povrchu, není vhodnou geometrií pro lesklé povrchy.

Difuzní geometrie se používá pro měření celkového činitele spektrálního odrazu. Při použití této geometrie se měřený vzorek osvětluje v normále a záření odražené do všech směrů se sbírá integrátorem. Geometrie se označuje $d_i:8^\circ$ nebo $8^\circ:d_i$ (alternativně $d:0^\circ$) a na rozdíl od geometrie úhlové zahrnuje tato geometrie zrcadlovou složku odrazu a dříve byla označována jako $d/8^\circ$ SCE nebo SPIN. . Měření křivky odrazu lze provádět také bez zahrnutí zrcadlové složky odrazu s tím, že označení takových geometrií měření se mění na $d_e:8^\circ$ nebo $8^\circ:d_e$, dříve označované jako SCE nebo SPEX. [6,10]



Obr. 5 Geometrie měření [10]

1.2.4.2 Kolorimetry

Kolorimetr může měřit barvu pouze pomocí trichromatických složek pod fixním nastavením osvětlení a podmínek pozorování např. D65/10°. Tyto přístroje jsou vhodné pro kvantifikaci barevných rozdílů mezi dvojicí vzorku pro účely kontroly kvality barev a mají nižší pořizovací náklady než spektoradiometry a spektrofotometry. Pomocí kolorimetrů lze měřit jak barevné povrchy, tak pouze samotný jas barev [9].

Kolorimetry mají zdroje světla, z kterých prochází emitované světlo nejprve barevným filtrem, následně dopadá na vzorek a odtud je odraženo na fotosenzor. Fotosenzor pak určí z rozdílu vlnových délek zdroje a výsledného detekovaného světla hodnotu pro jednotlivé složky CIE XYZ. [9]

1.2.4.3 Spektrofotometry

Spektrofotometry jsou přístroje měřící spektrální veličiny předmětů, jako např. spektrální odraznost (zrcadlová, difuzní), spektrální činitel odrazu, spektrální propustnost (zrcadlová, difuzní), činitel spektrální propustnosti. Výstupem měření je spektrální křivka, z níž je možné vypočítat již zmiňované spektrální veličiny i hodnoty trichromatických složek.

Nejdůležitější komponenty spektrofotometru jsou: zdroj světla, systém disperze, místo pro umístění vzorku, sběrná optika a systém indikace dat. Zdrojem je obvykle wolframová halogenová lampa nebo výbojka jako např. xenonová lampa. Disperzním elementem v monochromátoru je difrakční mřížka. Monochromátor může být umístěn mezi zdrojem a vzorkem (monochromatické osvětlení) nebo mezi vzorkem a vzorkem (polychromatické osvětlení). První metoda má výhodu redukce sálavého tepla dopadajícího na vzorek. Druhá metoda se používá v případech, kdy se jedná o fluorescenční vzorek nebo pokud je čidlem diodové pole. Čidlem u spektrofotometrů většinou bývá fotonásobič, křemíkový článek nebo pole fotodiod. Místo pro vzorek a senzorický systém se značně mění podle typu měření. Pro běžná měření propustnosti je místem pro vzorek jednoduché do krabičky tvarované pouzdro mezi zdrojem a čidlovou optikou, s čočkami nebo konkávním zrcadlem jako sběrnou optikou. Některé přístroje mají příslušenství spekulární odrazivosti, které může být umístěné uvnitř prostoru pro vzorek. Pokud je vzorek difúzní, pak se používá integrační koule nebo kolektor 0/45 [9].

Přístroj může mít připojený i dvojitý monochromátor pro redukci rozptýleného záření. Spektrofotometry můžou také být jedno nebo dvou paprskové. U

dvoupaprskového přístroje je paprsek rozdělen na dva. Jeden paprsek osvětluje etalon a druhý osvětluje měřený vzorek. Paprsky mohou být znovu sloučeny před tím, než dosáhnou k monochromátoru. Rozdělení paprsků se dosahuje dvěma způsoby. Buď pomocí částečně propustného zrcadla, nebo podobným zařízením, anebo ztenčením paprsků za použití pohyblivé optiky a mechanických zařízení. [9, 11]

1.3 Kamuflážní efekt

Historie kamufláží a maskovacích nátěrů i oděvů je nepochybně stejně stará jako sama historie lidstva, protože je využívali nejen válečníci, lovci, ale i zvířata. Poprvé byla použita britskou armádou v jižní Africe a ruskou armádou na Dálném východě počátkem 20. století. U letectva a pozemní bojové techniky se v propracované formě objevily v průběhu první světové války. S rozvojem technologií se i tato oblast techniky zdokonalovala. Armáda každého státu používá vlastní vzor.

Většina současných kamufláží se skládá z nepravidelných ploch různých barev, jejichž účelem je opticky skrýt chráněný objekt a rozostřit jeho obrysy vůči pozadí, což sníží pravděpodobnost optického zjištění daného objektu. U maskovacího vzoru rozhoduje velikost. Malý vzor se využívá na krátké vzdálenosti, naopak velký vzor je vhodný na dlouhé vzdálenosti. Maskovací vzory jsou rozděleny podle oblasti, ve které se voják potřebuje zamaskovat. Tyto vzory příliš neodpovídají přírodnímu či jinému pozadí, které bývá ve skutečnosti výrazně složitější. Kamufláž se tak s pozadím sice shoduje složením barev, ale strukturou do něj zrovna moc nezapadá. [12]

1.3.1 Současné typy kamufláže

Lesní kamufláž

Pro mírné a horké podnebí pokryté lesy, do tropických lesů a džunglí se používají vojenské uniformy s maskovacím vzorem Lesní porost, jehož kamuflážní potisk má čtyři barvy.

Pouštní kamufláž

Pouštní bojové uniformy se používají pro všechny účely po celý rok. Barvy pouštního terénu přecházejí od růžové do modré v závislosti na denní době a obsahu minerálů v půdě/písku. Žádná kombinace barev pouštní uniformy neodpovídá všem

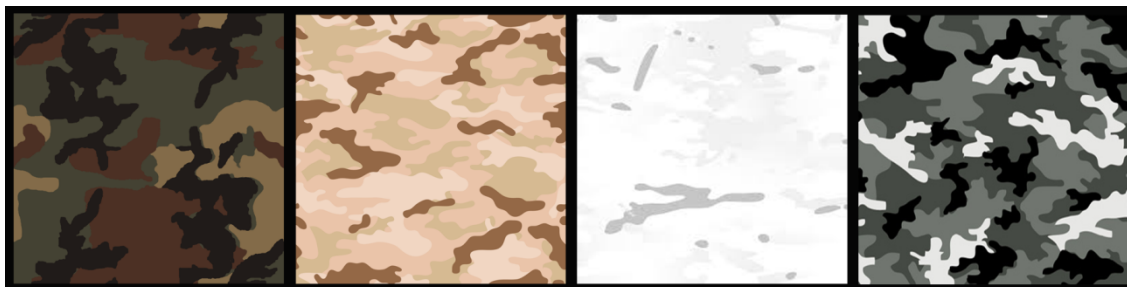
typům pouští. Vzorník barev uniform pro poušť je až desetkrát bohatší než pro lesnaté oblasti.

Sněžná kamufláž

V zimní krajině je voják snadno zjistitelný, protože bílá barva veškerého povrchu a okolí vysoce kontrastuje s jakýmkoliv objektem, který nesplyne s okolím. Proto je všechn vnější oděv vojáka v bílé barvě. Bunda s kapucí pro chladné prostředí je zhotovena z třívrstvé nylonové tkaniny, která je impregnovaná a nepropouští vodu ani vítr, ale je paropropustná. Veškeré vnější oblečení nepropouští vodu, ale propustí páru z pocení. Bunda má kapuci, k níž se dá připevnit kožešinové okruží. Kukla slouží k ochraně obličeje před mrazem a nezakryty mohou být třeba jen oči. Kalhoty jsou také z třívrstvého voděodolného nylonu, mají záplaty pro zesílení oblasti kolen a hýždí.

Městská kamufláž

Vojáci v 21. století se častěji dostávají na bojiště v zastavěných a městských oblastech. Vzory na uniformě se značně liší od vzoru Lesního a Pouštního. Městská kamufláž vyžaduje drobnější vzor s rovnějšími a ostřejšími kresbami kvůli charakteristice okolního prostředí. Vertikální a horizontální design by měl lépe splývat s domy, budovami a jinými městskými strukturami. [13]



Obr. 6 Současné typy kamufláže - lesní, pouštní, sněžná, městská [14]

1.4 Český vojenský kamuflážní vzor

V 80. letech 20. století Československá lidová armáda (ČSLA) používala jako standardní maskovací vzor označovaný lidově „jehličí“. Jednalo se o šedo zelenou tkaninu se skvrnami tmavšího odstínu téže barvy. Přes tyto skvrny pak byly krátké hnědé čárky, které daly tomuto maskáči přírodní jméno. Uniforma nesla označení vz. 60. Tento vzor byl zaveden v 60. letech na základě jednoho projektu vojsk Varšavské smlouvy, kdy armády zahrnuté v tomto uskupení měly používat obdobné uniformy. Vzor vycházel ze starého německého vzoru, který zavedla armáda Německé demokratické republiky.

Československo vytvořilo vlastní vzor, potisk jehliček zůstal zachován, ale byly změněny podkladové barvy. Tento vzor však byl ve dříve zmíněných 80. letech již zastaralý. Byla také komplikovaná jeho údržba, protože měl dvě vrstvy – viditelnou pro optické pozorování a druhou neviditelnou, která fungovala při pozorování uniformy přístrojem nočního vidění. Československá armáda proto v roce 1985 zavedla jednobarevné khaki uniformy vz. 85, které maskování řešily formou barvy pozadí. Jedná se o princip, který je známý dnes spíše u vybavení v barvách Coyote brown, Olive drab nebo Foliage green, kdy je pro maskování použita jedna základová neutrální barva pozadí, která má tendenci splývat s okolím. I u této uniformy se dá předpokládat inspirace u Varšavské smlouvy, a to zejména u sovětských vojsk, kde byla používána jako základ jednobarevná uniforma. Ani tento vzor nebyl ideální a pokračovalo se v hledání nového maskovacího vzoru.

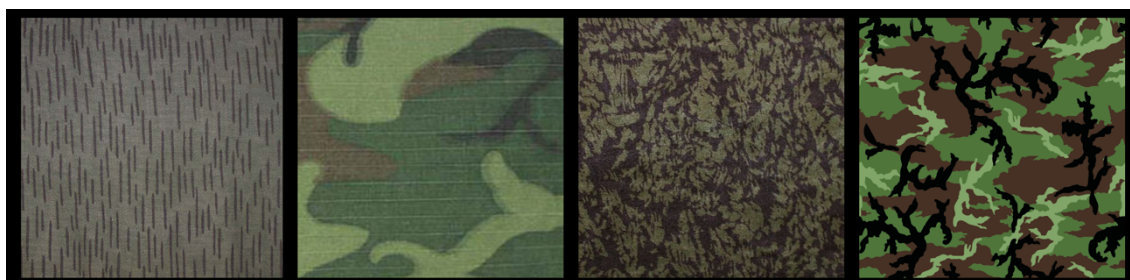
Základ pro vzor 95 vznikl již v roce 1985. V té době probíhal intenzivní výzkum a hledání nového vzoru a vznikla celá řada vzorů. Inspirací pro jeden ze vzorů byl americký vzor ERDL – vzor nepravidelných malých a velikých skvrn se čtyřmi odstíny barev. V Československu v té době vznikl velice podobný vzor založený na podobném tvaru skvrn a kombinaci čtyř barev převládajících barev v naší přírodě. Tento vzor však byl pouze zkoušen a nebyl nikdy do ozbrojených sil zaveden. Zkušební série uniforem s tímto potiskem měla být v prodeji v armyshopech v 90. letech, kdy byl tento zkušební materiál vyřazen z vojenských skladů. Uniformy měly základní střih shodný s uniformami vz.85, ale potisk vzdáleně připomínal pozdější vzor 95 s tím, že jak tvar skvrn, tak i odstíny barev byly odlišné.

Zavádění nových uniforem s maskovacím vzorem bylo odloženo v turbulenci změn po roce 1989. Po tomto přelomovém roce byla myšlenka náhrady uniforem ČSLA opět vzkříšena, a to nejen z technických důvodů, ale také z důvodů ideových. Armáda v nové době potřebovala i nové uniformy, aby už nebyla spojována s předchozím

režimem. Pokus o zavedení nových uniforem proběhl v roce 1992. Tehdy byla oprášena myšlenka uniforem s maskovacím vzorem z roku 1985. Vzor i barvy se mírně upravily a vznikl maskovací vzor 92. Kamufláž byla tvořena jemnými flíčky černozeleňé barvy na tmavě zeleném pozadí. Ani tento vzor však nebyl zaveden, protože došlo k dalším politickým změnám, a to rozpadu společné federace.

Vývoj tohoto vzoru však nebyl zbytečný. Použily jej ozbrojené síly Slovenska pro své výsadkové a průzkumné jednotky. Mnoho lidí si myslí, že tyto jednotky používají český maskovací vzor 95, ale není tomu tak. Jedná se o předchůdce.

Nová snaha o zavedení moderní uniformy s maskovacím vzorem začala v roce 1994 s tím, že na základě předchozího vývoje byl opět úpravou skvrn a odstínů barev navržen nový maskovací vzor. Komise, která vzory posuzovala, dostala několik návrhů – pracovních verzí. Mezi nimi i tento vzor vycházející z vývoje maskovacího vzoru 85 a vzoru 92. Při výběru se řešilo jak maskování, tak také technologické možnosti tehdejšího průmyslu. Komplikovanější vzory s přechody a s více barvami byly příliš složité a tím pádem i drahé. Ze všech kandidátů byl vybrán právě tento vzor a byl označen jako vzor 95 - maskovací vzor letní. Stal se základem celé rodiny maskovacích vzorů. [15]



Obr. 7 Historie vzorů - „jehličí“, ERDL, vzor 92, vzor 95

1.4.1 Uniforma vzor 95

Území České republiky spadá do středoevropské klimatické oblasti, pro kterou je koncipována převážná většina výstroje. Základ vojenského stejnokroje se skládá z blůzy 95, kalhot 95, kabátu 95 a čepice 95. Pod pojmem vojenský stejnokroj (uniforma) se rozumí jednotný oděv, stanovený zpravidla předpisem pro všechny příslušníky pravidelných armád. Pod názvem **stejnokroj 95** se rozumí provedení standardní, které je vyrobeno ze směsové příze bavlna/polyester. Teplotně odpovídá pro období jaro a podzim, ale je používáno celoročně. Ke stejnokroji 95 se používá nátělník khaki a nátělník khaki s krátkými rukávy, svetr 95, polní boty a zelený šátek. Ke služebním účelům se nosí

košile 2000 se zeleným potiskem a baret. **Letní stejnokroj 95 se zeleným potiskem** je používán především vojáky působícími v oblastech, kde jsou vysoké teploty. Materiál je v porovnání s předcházejícím provedením podstatně lehčí, tkanina je vyrobena pouze z bavlny. Speciálně pro horkou suchou oblast byl vyvzorován **letní stejnokroj 95 s béžovým potiskem**. Ke stejnokroji se používá nátělník khaki, nátělník khaki s krátkými rukávy, nátělník khaki letní a polní košile 95. V zimě se používají bílé maskovací převleky. Jsou z lehkého materiálu a oblékají se přes zimní výstroj. [16]



Obr.8 Vzor 95 se zeleným a béžovým potiskem

"Zelená" verze maskovacího vzoru 95 se používala v ČR a při cvičeních v Evropě, s maskovacím vzorem pouštním pak na misích v Iráku a Afghánistánu. Tento stav platil do konce roku 2013, kdy byla vydána nová norma pro maskovací vzory.

Původní maskovací vzor 95 vycházel z Československé vojenské normy ČSVN 81 771, jež byla použita pro měření barev, ze kterých vzor vycházel. Tato norma byla vydána v roce 1988. Beze změny tato norma platila až do roku 2003, kdy byla nahrazena novou normou Český obranný standard ČOS 108003.

Tato norma obsahovala mimo jiné i toleranční pásma pro vyhodnocování spektrálního odrazu. Důležitá však byla i norma ČOS 108001, která stanovila přesné hodnoty barev i jejich zastoupení v maskovacích vzorech. Obě normy pak byly aktualizovány ve druhém vydání z roku 2007. Normy ČOS byly v roce 2003 zavedeny jako reakce na vstup ČR do NATO a přiblížení k normám STANAG. Jak již bylo uvedeno, koncem roku 2013 byly zavedeny nové normy a to ČOS 108017 a ČOS 108019, které znamenaly změny v zavedených vzorech. České obranné standardy ČOS 108016, ČOS 108017, ČOS 108018 a ČOS 108019 jsou zařazeny do systému řízení distribuce a jsou pouze na vyžádání prostřednictvím Registru Obranné Standardizace.

První barevně odlišnou verzí maskovacího vzoru se stala verze pro pouštní oblasti. Při vývoji se vycházelo z pouštního maskovacího vzoru britské armády, který se jevil jako velice funkční a díky jen dvěma barvám i jako výrobně výhodný. Došlo k úpravě skvrn a redukcí na žlutopískovou a pouštní hnědou barvu.

K dalším verzím, které vznikly později, patří maskovací vzor zimní, který se skládá v plošném zastoupení 5-30 % pro barvu tmavozelenou a 50-90 % pro barvu bílou a 5-20 % pro barvu černou. Použit je podobný způsob redukce počtu skvrn jako u pouštního vzoru.

Dále existuje maskovací vzor horský, který je prakticky totožný jako maskovací vzor letní s tím, že světle zelenou nahradila žlutopísková z pouštního maskovacího vzoru. [15]

1.4.2 Definování barev

Každý maskovací vzor je určen pro konkrétní oblast a období, ve kterých má optimálně maskovat. Barvy, které jsou použité v maskovacím vzoru, jsou převládající barvy v dané oblasti a stanovují se podle vegetace a také podle půdy, pokud je povrch země obnažený. Čím univerzálnější maskovací vzor co do ročních období a oblastí maskování, tím horší funkce v přesně vymezeném období a místě.

Typ vegetace a složení půdy umožňuje, že takto definovaný vzor bude optimálně maskovat v naší zemi, ale také částečně v Německu, Rakousku, Polsku, Slovensku a Maďarsku. Pokud se náš voják dostane z oblasti se shodnou vegetací v daném ročním období, tak se začne schopnost maskovacího vzoru splynout s přírodním pozadím zhoršovat, až se nakonec stane maskovací vzor demaskujícím.

V normách Českého Obranného Standardu jsou jednotlivé barvy stanoveny více způsoby. Barevné odstíny jsou stanoveny pomocí trichromatických souřadnic. Každá barva je definována podle soustavy X,Y,Z, nebo podle soustavy CIELAB. Norma stanoví i tolerance k dané barvě. Maskovací schopnosti vůči přírodnímu pozadí jsou pak definovány pomocí hodnot spektrálního odrazu (v ČOS se používá pojem spektrální refektance). Jedná se o hodnotu světelného záření odraženého od vzorku barvy pro dané spektrum vlnových délek. V tomto případě se jedná o vlnové délky 400-1200 nm. Pro lidské oko jsou viditelné vlnové délky 380-780 nm, hodnoty nad 780 nm jsou určeny pro pozorování pomocí přístrojů nočního vidění. Stěžejním může být spektrozónální kritérium, kde se jedná o projev zeleného barviva – chlorofylu v rostlinách a ovlivňuje

vnímání barev při vlnových délkách 650-750 nm. Pokud tedy bude zelená barva nadefinována špatně, bude při pozorování proti přírodnímu pozadí demaskovat. Mezi normami ČOS 108001-2 a ČOS 108017 došlo ke změnám v hodnotách barev. Například u tmavě zelené došlo k jejímu zhnědnutí a v nové normě je označená jako tmavě zelená/olivová. Ke změnám však došlo u více barev. Změny mezi normami jsou viditelné na první pohled (obr. 9). [17]

| | Barvy ČOS 108017 | Barvy ČOS 108001-2 |
|--------------------|---|--|
| Černá |  |  |
| Hnědá |  |  |
| Tm. zelená/olivová |  |  |
| Sv.zelená |  |  |
| Žlutopísková |  |  |
| Žlutopísková hor. |  | |
| Hnědá pouštní |  | |
| Bílá |  |  |
| Khaki |  | |

Obr. 9 Porovnání barev podle hodnot CIELAB převedených na RGB souřadnice [17]

1.4.3 Kombinace barev

Norma ČOS stanovuje čtyři maskovací vzory – lesní, horský, pouštní a zimní.

Maskovací vzor lesní

Tento maskovací vzor se skládá ze čtyř barev – základem je tmavě zelená barva, přes ni jsou aplikovány rozměrnější skvrny hnědé barvy, následuje vrstva menších rozvětvených skvrn světle zelené barvy. Poslední vrstvou jsou černé rozvětvené skvrny černé barvy. Základ makro vzoru je tvořen tedy velkými skvrnami tmavě zelené a hnědé barvy. Základ mikrovzoru je pak ve skvrnách světle zelené a černé barvy.

Každá barva má definovaný procentuální poměr zastoupení ve vzoru. Došlo ke změně definic jednotlivých barev, a tak maskovací vzor letní platicí od roku 2013 není totožný s předcházejícím vzorem.

Maskovací vzor horský

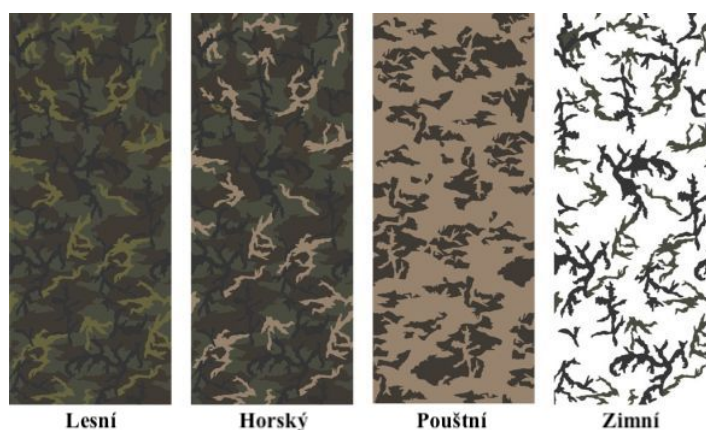
U tohoto vzoru došlo ke změnám i u složení barev. Podle starší normy byl vzor sestaven z barev žlutopísková, tmavozelená, hnědá a černá. Podle nové normy se vzor skládá z barev žlutopísková-horská, tmavozelená/olivová, světle zelená a černá.

Maskovací vzor pouštní

Tento vzor se původně skládal z barev žlutopísková a hnědá. Jenže stejná hnědá použitá u letního vzoru není pro tento maskáč zcela ideální, a tak byla v novém vzoru definována nová barva hnědá-pouštní.

Maskovací vzor zimní

Největší změny byly u tohoto maskovacího vzoru. Původně se skládal maskovací vzor z barev bílá, černá a tmavě zelená se změněným poměrem zastoupení v porovnání s letním maskovacím vzorem. Nově se maskovací vzor skládá z bílé a tmavě zelené/olivové barvy. [17]



Obr. 10 Náhled maskovacích vzorů definovaných v normě ČOS 108001-2 [17]



Obr. 11 Náhled maskovacích vzorů definovaných v normě ČOS 108017 [17]

Pozn. Použité barvy u každého nákresu v dané normě jsou pouze orientační a nejsou zcela shodné s výsledným vzhledem potisku na konkrétní tkanině. Cílem je pouze ilustrovat vývoj a změny v maskovacích vzorech ARČ.

1.4.4 Složení maskovacího vzoru

Vlastnosti maskovacího vzoru jsou definovány použitými barvami, tvarem a velikostí skvrn a také opakovatelností vzoru. Barvy jsou založeny na převládajících barvách v oblasti a období, pro kterou je vzor určen, a odečítají se z přírody. Jsou ovlivněny také tím, v jakém spektru má maskovací vzor maskovat. Tvar maskovacích skvrn se navrhuje tak, aby skvrny zajišťovaly optické narušení tvarů (například lidského těla) a to na krátké vzdálenosti – tzv. mikrovzor a také na dlouhé vzdálenosti – tzv. makrovzor. U maskovacího vzoru je důležitá také vlastnost opakovatelnost. Jedná se o to, po jaké vzdálenosti se potisk na látce zopakuje.

Součástí maskování oděvů a výstrojních součástí není jen maskování ve viditelné části spektra, ale i maskování v oblasti infračervené. To je z důvodu toho, že se používají noční pozorovací přístroje v tomto spektru. Pokud oděv nebo součásti nemají úpravu pro maskování v tomto spektru, tak se může stát, že svého nositele demaskují. Touto úpravou mohou projít jakékoliv oděvy a není navázána na konkrétní maskovací vzor. Praním se tato úprava postupně odstraňuje.

Z několika návrhů se z hlediska kvality maskování, technologie výroby a celkového vzhledu vybere verze, která se zavede do výroby. Výrobci výstrojních součástí dostanou veškeré podklady pro vzory a začne se podle nich vyrábět. [17]

1.4.5 Opakovatelnost vzoru

Rozhodujícím faktorem při konstrukci maskovacího vzoru je jeho opakovatelnost. Při stanovení opakovatelnosti se vychází z toho, na jaké výrobky se má látka použít. Na nejdelších dílech vybavení se nesmí zopakovat stejná sekvence barevných skvrn, protože v přírodě se stejné tvary za běžných okolností nevyskytují. Jedná se o záda bund, velké díly batohů, nebo nohavice. Při konstrukci se počítá s tím, že k narušení souvislého vzoru dochází i použitím kapes atd. Moderní konstrukce také vyžaduje obvykle technický střih oděvů, a to znamená sešití z více dílů, projmutí. [17]

1.5 Kamuflážní textilie

Většina kamuflážních textilií jsou tkaniny vyrobené ze směsové příze bavlna/polyester. Této směsi se pro výrobu vojenských obleků využívá nejvíce. Jsou tak splněny hygienicko – fyziologické vlastnosti, které zajišťuje bavlna. Požadavky na vysokou odolnost v oděru, namáhání v tahu i dlouhou životnost jsou zajištěny polyesterovým vláknem.

Bavlna je přírodní jednobuněčné vlákno obrůstající semena bavlníku. Z 88-96 % je tvořena celulózou. Další, ve větší míře zastoupené látky jsou pektiny, bílkoviny, vosky a organické kyseliny. Ty jsou odstraněny z bavlněného vlákna v předúpravě. Celulóza určuje vlastnosti bavlny. Je snadno barvitelné a vysoce navlhavé (při příjmu vlhkosti vlákno bobtná), přístupné úpravárenským prostředkům. Dokáže přijmout až 23 % vlhkosti, aniž se zdá být vlhké. Absolutní pevnost je závislá na množství celulózy v sekundární stěně. Pevnost se pohybuje v rozsahu 2-5 cN/dtex. Tažnost za sucha je 6-10 %, za mokra pak o něco vyšší 7-11 %. Dobrá tepelná vodivost za sucha se v mokrému stavu snižuje, až se úplně ztrácí. Bavlněné vlákno není odolné vysokým teplotám. Při teplotách 200 °C začíná hnědnout a při vyšších teplotách uhelnatí. [18]

Polyesterová vlákna mají výborné mechanické vlastnosti, vysoký modul pružnosti a vysokou odolnost na světle, vůči povětrnosti a mikroorganismům. Materiály z polyesterového vlákna se vyznačují velmi nízkou navlhavostí, a naopak dobrou schopností odvádět vlhkost, čímž přispívají k rychlejšímu odvodu potu z pokožky. Vlákna jsou obtížně barvitelná, používají se speciálně vyvinuté metody sublimačního tisku, které umožňují uzavřít barvu přímo ve struktuře vlákna.

1.5.1 Barviva pro kamuflážní systémy

Pro kamuflážní systémy nejsou vhodné příliš velké vzory a kontrastní barvy, které naopak demaskují. Syntéze pigmentů a barviv pro infračervenou oblast s kamuflážními požadavky je věnována řada studií, nejsou ale veřejně dostupné z důvodu utajení. Jedná se především o zelené pigmenty, resp. kombinaci pigmentů či barviv, které by měly simulovat chlorofylový zdvih (prudký nárůst odrazivosti světla v oblasti nad 700 nm) a do hodnoty 1000 nm zůstat přibližně konstantní. U hnědých pigmentů a barviv je požadováno pozvolné stoupání v odrazivosti přes viditelnou do infračervené oblasti. Celková odrazivost hnědých pigmentů barev je nízká, podobná odrazivosti země a písku. Černé pigmenty jsou v celém pásmu viditelného a infračerveného světla ve velice nízké odrazivosti a od 1 000 nm se ve větší míře začíná projevovat charakter odrazivosti

podkladové textilie, a to zvláště v zelených odstínech, méně pak u hnědého odstínu. Uvedeným požadavkům vyhovují některá kypová barviva vhodná pro barvení bavlněných vláken. Pro syntetické textilní materiály jsou vhodná některá disperzní barviva, azobarviva, nebo při použití jiných barviv, která nemají požadované vlastnosti lze nejdříve aplikovat barvením ve hmotě silně absorbující pigmenty v infračervené oblasti a poté běžné barvení vhodnými barvivy pro určitý syntetický polymer. [18]

Kamuflážní systém obleku by měl maskovat i v daleké infračervené oblasti 8 000- 12 000 nm. Lidské tělo (povrch kůže lidského těla má průměrnou teplotu 33,3 °C) v této oblasti vyzařuje energii ve formě tepla. Vyzářená energie jej prozrazuje termocitlivým optickým přístrojům, typicky termovizním, které jsou citlivé již na rozdíly teplot 0,05-0,3 °C. Pro maskování je vhodné snížit množství vyzářené energie na hodnotu podobnou vyzářené energii okolím. Například listy absorbují nad 7 000 nm téměř všechno tepelné záření. [18]

1.5.2 Kolorimetrická měření kamuflážních materiálů

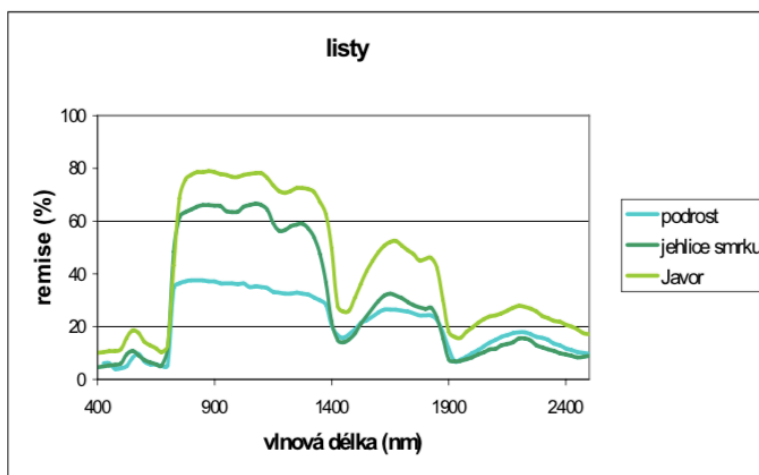
Kolorimetrická měření kamuflážních systémů se týkají materiálů s aplikovanými barvivy nebo pigmenty, které jsou schopny ovlivňovat odrazivost v blízké infračervené oblasti (NIR) v rozsahu od 760 nm do 1 400 nm. Pro většinu těchto speciálních pigmentů a barviv a také pro jejich vývoj byly jako příklad vzaty křivky přírodních barviv, která se nachází v rostlinách, nebo přirozená barva země a písku. Jedná se především o chlorofyly a karotenoidy. Při vývoji těchto barviv bylo nutno vycházet z toho, jak pracuje fyziologický systém rostlin. Ten je založen na tom, jak rostliny dopadající záření absorbují a odráží, případně propouští. Část dopadajícího záření se od povrchu rostlin odráží (remise). Fyziologicky účinná složka záření absorbována (absorpce) a zbytek propouštěn (transmise). Velikosti transmise a absorpce závisí na vlnové délce záření. [18]

1.5.3 Spektrální charakteristika průměrné zeleně ve střední Evropě

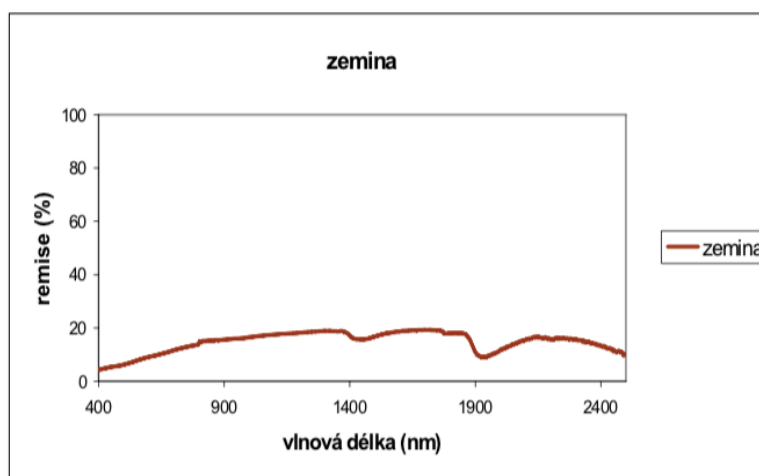
Listy odráží 70 % kolmo dopadajícího infračerveného záření. Z viditelné oblasti oblastí odráží 6-12 %. Odraz zeleného světla je až 4x intenzivnější než oranžového a červeného. V UV oblasti neodrážejí listy více než 3 %. Schopnost reflexe závisí na povrchu (např. hustý pokryv chloupků může zvětšit odraz viditelného a infračerveného záření na dvojnásobek až trojnásobek).

Větší část viditelného záření je absorbována především díky chloroplastovým pigmentům, proto mají spektrální křivky absorpce listů maxima tam, kde jsou absorpční maxima chlorofylů a karotenoidů. Při průchodu listem záření postupně zeslabuje. V oblasti do 2000 nm je absorbováno jen málo infračerveného záření, ale v oblasti nad 7000 nm je dlouhovlnné tepelné záření absorbováno téměř všechno (v těchto vlnových délkách listy záření také vyzařují).

Průchod záření listy závisí na jejich struktuře, šířce, tloušťce. Transmise je největší ve vlnovém rozsahu, v němž je velký odraz, především u infračerveného záření. Po průchodu listovím je záření zvláště bohaté ve vlnových délkách okolo 500 nm a nad 800 nm. Pod listovím převažuje červenozelené světlo a ve spodních lesních patrech zbývá jen červené a infračervené záření. Remisní křivky pro průměrnou zeleň jsou uvedeny na Obr. 13 a pro úplnost remisní křivky zeminy Obr. 14. [18]



Obr. 13 Remisní charakteristiky průměrné zeleně [18]



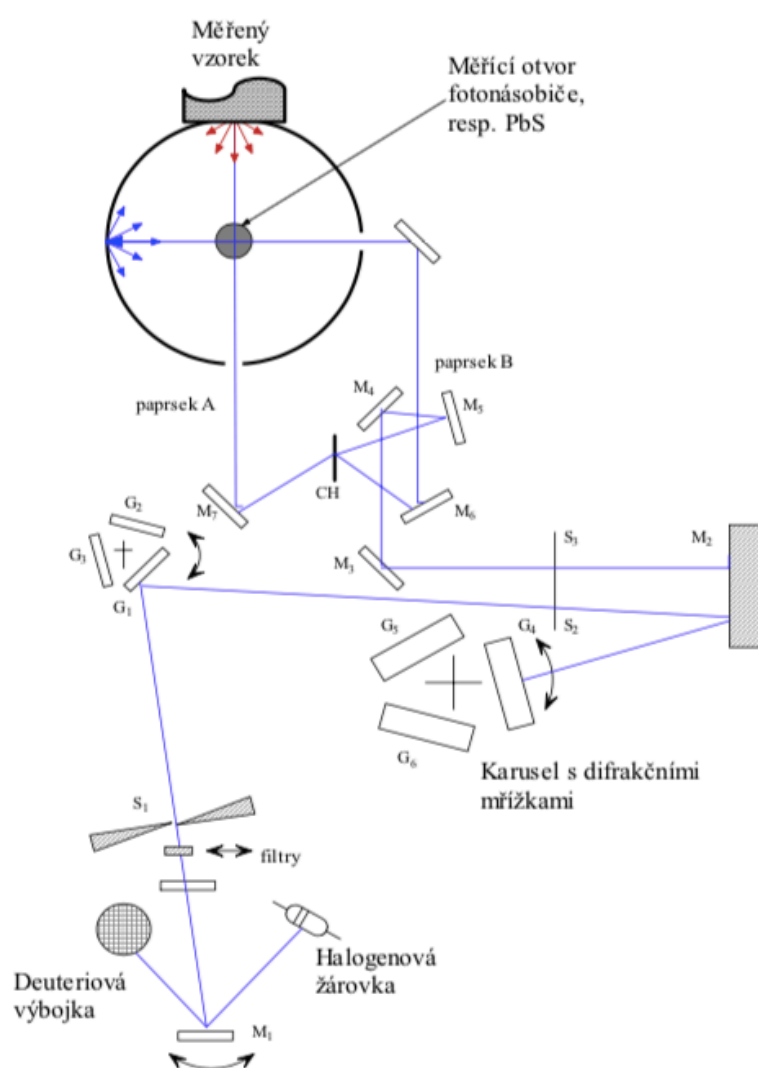
Obr. 14 Remisní charakteristiky zeminy [18]

1.5.4 Princip měření kamuflážních systémů

Spektrální odrazivost kamuflážních textilií je možné měřit dvěma způsoby. První z nich je systém spektrofotometru obr. 15, kterým je možné měřit vizuální část spektra tak i blízkou infračervenou oblast v rozsahu od 400 nm do 2500 nm. Jedná se o disperzní spektrofotometr, což znamená, že poskytuje informaci vždy o úzkém pásu záření, které v daném čase dopadá na výstupní štěrbinu monochromátoru. Povrch integrační koule je pokryt síranem barnatým BaSO_4 . Měřicí optický systém pracuje na principu dvou monochromátorů (předmonochromátoru a hlavního monochromátoru). Každý z monochromátorů má tři difrakční mřížky, tzn. je třístupňový. Světlo ze zdroje elektromagnetického vlnění dopadá na difrakční mřížku pod úhlem δ_1 . Rozptýlené světlo, jež vychází pod úhlem δ_2 a dopadající světlo pod úhlem δ_1 , pak pro vzdálenost d rýh od sebe menší než vlnová délka λ elektromagnetického vlnění $d < \lambda$ platí, že $\sin \delta_2 = \sin \delta_1$, což znamená, že vycházející světlo má stejný směr jako světlo, které vybudilo mřížku. Pro dané δ_1 může být δ_2 rovno $\pi - \delta_1$. Tím vzniká paprsek ve stejném směru jako paprsek dopadající, ale i v dalším směru, jenž je takový, že úhel dopadu je roven úhlu rozptylu. Tento paprsek se nazývá paprsek odražený. Jedno z řešení pro směr rozptylu je, že úhel, pod kterým světlo vychází, je roven úhlu, pod kterým světlo dopadá. Pro vzdálenost rýh d o hodně menší než vlnová délka světla λ je toto i jediným řešením směru rozptylu.

Předmonochromátor je tvořen vydutými difrakčními mřížkami G_1, G_2, G_3 . Hlavní monochromátor pak plochými difrakčními mřížkami G_4, G_5, G_6 . Rýhy jsou do difrakčních mřížek holograficky vypáleny, čímž je snaha snížit ztrátu optické energie světelného paprsku, která dále dopadá na detektor a rozptyl světla na difrakční mřížce je snížen na minimum. Každá mřížka má jiný počet rýh vztažených na 1 mm, určuje použití difrakční mřížky pro určitou část spektra. Pro osvětlení je obvykle používáno dvou světelných zdrojů (Deuteriové výbojky a Halogenové žárovky). Deuteriová výbojka se používá pro měření v UV oblasti a následně při měření přepíná na halogenovou žárovku většinou v oblasti 360 a 395 nm. Šířka štěrbin, kudy paprsek světla prochází, je volen tak, aby docházelo k co nejmenší ztrátě optické energie. Jako detektor zde bývá využíván buď fotonásobič pro UV/VIS oblast, nebo fotovodivostní vrstva PbS pro NIR oblast a přepínací vlnová délka mezi detektory je libovolně volena mezi hodnotou 750-895 nm. Světelný paprsek vyzářený ze zdroje se odrazí od zrcadla M1, paprsek dále prochází vstupní štěrbinou S1 a dopadá na předmonochromátor. Zde je paprsek polychromatického (bílého) světla rozdělen podle vlnových délek na monochromatický paprsek (jednotlivé

difrakční mřížky předmonochromátoru jsou vybírány podle vlnové délky dopadajícího bílého světla). Monochromatický paprsek dále pokračuje přes štěrbinu S2 na parabolické mimoosé zrcadlo M2, kde je odražen do hlavního monochromátoru. Odtud pokračuje znovu přes zrcadlo M2 a výstupní štěrbinu S3 k soustavě zrcadel M4 – M6 a dělicímu zrcadlu CH, kde je paprsek rozdělen na paprsek A (vzorkový paprsek) a B (srovnávací paprsek). Dochází tak přímo ke srovnání v detektoru. Zrcadlo M11 směřuje paprsek na detektor a současně přepíná mezi detektory u vlnové délky libovolně volené mezi hodnotou 750 a 895 nm. [18]



Obr. 15 Příklad konfigurace a schéma měření na dvoupaprskovém spektrofotometru [18]

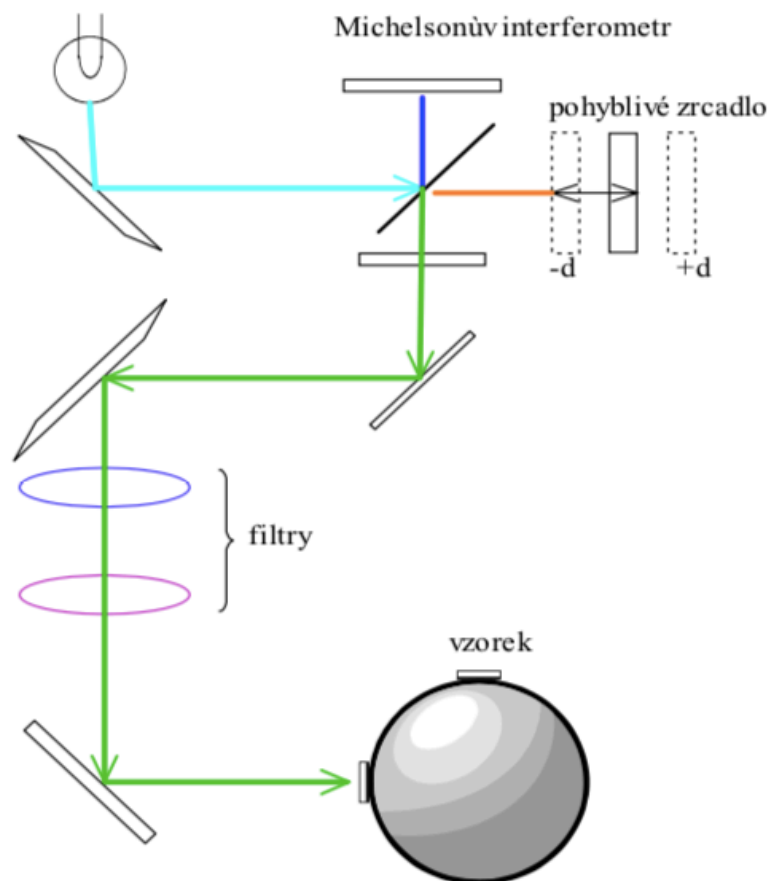
Dalším spektrofotometrickým systémem vhodným pro měření vlastností barviv či pigmentů určených pro kamufláž a který lze použít je systém založený na principu Michelsonova interferometru. Je vybaven zlatou integrační koulí a používá k osvětlení halogenovou žárovku. Pro oddělení paprsků je zde využito polopropustných prvků, které propouští světlo jen v daném směru a dané vlnové délky. Použití zlatého povlaku u integrační koule má výhodu ve velmi vysoké odrazivosti v IR oblasti spektra, nicméně jej nelze použít pro měření ve vizuální oblasti. Spektrofotometr využívá Fourierovy transformace (interferometricky získaný signál se převede na infračervené spektrum matematickou operací za pomoci Fourierovy transformace). Metoda infračervené spektrofotometrie s Fourierovou transformací je založena na spojení interferometru nejčastěji Michelsonova typu s citlivým infračerveným detektorem. Interferometr poskytuje informaci o celém spektrálním rozsahu po celou dobu měření. Schéma tohoto systému je zobrazeno na obr. 16. Záření ze zdroje přichází na polopropustný dělič paprsků, který jednu polovinu paprsků propouští k pohyblivému zrcadlu a druhá se odráží směrem k pevnému zrcadlu. Paprsky se od obou vzájemně kolmých zrcadel zpětně odráží a na děliči paprsků se podle polohy pohyblivého zrcadla buď konstruktivně, nebo destruktivně nekombinují a dochází tak k interferenci světla. Jak se mění optický dráhový rozdíl δ obou paprsků, signál dopadající na detektor generuje interferogram. Pro polychromatické záření je signál detektoru součtem všech konstruktivních nebo destruktivních interferencí každé frekvence, jež se integruje se všemi ostatními frekvencemi. Výsledkem je multiplexní interferogram.

Všechny frekvence, které nejsou při průchodu rekombinovaného záření vzorkem absorbovány, jsou přivedeny na detektor. Interferogram tak obsahuje veškeré spektrální informace, avšak v této podobě nejsou přímo srozumitelné. Mezi intenzitou na interferogramu jako funkcí optického dráhového rozdílu $I(\delta)$ a intenzitou jako vlnočtu infračerveného záření $I(\tilde{\nu})$ platí matematický vztah (8), vyjádřený kosinovou Fourierovou transformací, kde symbol ∞ znamená, odpovídá. [18]

$$I(\delta) \propto \int_{-\infty}^{\infty} I(\tilde{\nu}) \cos(2\pi\delta\tilde{\nu}) d\tilde{\nu} \quad (11)$$

Inverzní transformaci provedenou počítačem lze pak vyjádřit vztahem (9), který poskytuje ze získaného interferogramu infračervené spektrum.

$$I(\delta) \propto \int_{-\infty}^{\infty} I(\tilde{\nu}) \cos(2\pi\delta\tilde{\nu}) d\delta \quad (12)$$



Obr. 16 Spektrofotometrické schéma systému využívajícího princip Michelsonova interferometru [18]

Většina spektrofotometrických měření u kamuflážních oděvů je zaměřena na měření emisních, popřípadě transmisních charakteristik. V současné době kamuflážní systémy s aplikovanými pigmenty či barvivy odpovídají simulaci barev v přírodě. Ve viditelné oblasti emisní křivky dostatečně kopírují emisní charakteristiky barev, které se pro kamufláž používají, a to jak pro světle nebo tmavě zelenou, tak i pro hnědou a černou. Kamufláž v blízké infračervené oblasti už není tak jednoduchou záležitostí a stává se materiálovou konstantou. [18]

2. Experimentální část

V experimentální části je uvedena specifikace použitých pigmentů a receptur, příprava vzorků pro vybrané zkoušky stálosti a výsledné vyhodnocení.

2.1 Použité termochromní pigmenty

Pro experiment byly použity termochromní pigmenty firmy Matsui International Co., Inc. Chromicolor v barvě Fast Black, Gold Orange, Magenta a Fast Blue. Další pigmenty v odstínu Itothermochromic Green a Itothermochromic Yellow byly firmy L.J. Specialities. Tyto pigmenty byly použity z důvodu nutného vyvzorování kamuflážních odstínů, mají nižší reakční teplotu.

2.2 Příprava vzorků pro receptování

Vzorky použité pro receptování byly potištěny termochromními pigmenty ve všech odstínech pomocí šablonového tisku. Samotnému tisku předcházelo nastříhání tkaniny s českým kamuflážním efektem s béžovým potiskem a namíchání tiskací pasty v požadovaných koncentracích.

Tab. 1 Koncentrační řada

| Koncentrační řada pro receptování | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------|----------|
| Označení vzorku | Tiskací pasta | Inkoust | Záhustka |
| A1 | 500 g | 5 g | 495 g |
| A2 | 500 g | 25 g | 475 g |
| B | 500 g | 50 g | 450 g |
| C | 500 g | 100 g | 400 g |
| D | 500 g | 150 g | 350 g |
| E | 500 g | 200 g | 300 g |
| F | 500 g | 250 g | 250 g |
| G | 500 g | 300 g | 200 g |

Tiskací pasta byla připravena v osmi různých koncentracích termochromního pigmentu (viz Tab. 1). Do tiskací pasty byla také přidána komplexní akrylátová záhustka Licolor a síťovadlo Lutexal HIT UN3082. Složení akrylátové záhustky je uvedeno v tabulce č. 2. Pasta byla namíchána po 10 g pro každou koncentraci.

Tab. 2 Složení akrylátové záhustky

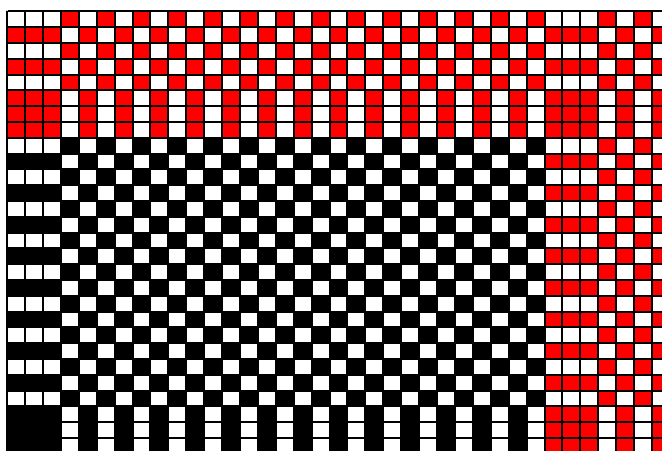
| | |
|------------------------------------|-------|
| Voda | 818g |
| Glycerín | 20g |
| Lukosan S (odpěňovač) | 2g |
| Socrat 4924 (anionaktivní pojidlo) | 70g |
| Acramin BA (pojidlo) | 70g |
| Amoniak (alkálie) | 5g |
| Lambicol L 90 S (zahušťovadlo) | 15g |
| Celkem | 1000g |

2.3 Parametry tkaniny s kamuflážním efektem

Tab. 3 Parametry tkaniny s kamuflážním efektem

| Parametry tkaniny s kamuflážním efektem | | |
|---|------------------------|------------------------|
| | Pouštní | Lesní |
| Materiálové složení - osnova | 65 % PES, 35 % CO | 65 % PES, 35 % CO |
| | - útek | 65 % CO, 35 % PES |
| Vazba | plátnová-ripstop | plátnová-ripstop |
| Dostava - osnova | 36 nití/cm | 36 nití/cm |
| | - útek | 26 nití/cm |
| Tloušťka | 0,344 mm | 0,354 mm |
| Jemnost - osnova | 27,8 tex | 28,6 tex |
| | - útek | 31,6 tex |
| Plošná hmotnost | 185,6 g/m ² | 191,1 g/m ² |

Výhodou ripstop tkanin je velmi dobrý poměr hmotnosti ke stabilitě, zvyšuje pevnost a odolnost proti protržení.



Obr. 17 Ripstop

Vzorky byly natištěny v osmi koncentracích a v šesti barvách (viz kapitola 2.1. Použité termochromní pigmenty) filmovým tiskem, třemi tahy ruční těrkou. Síťovina natažená na kovovém rámu byla o hustotě 60 ok/cm² (mesh). Po tisku následovala fixace vzorků v horkovzdušné sušárně HS 62A při teplotě 120°C po dobu 3 minut.

2.4 Receptování

Pro měření natisknuté koncentrační řady na kamuflážní textilii s béžovým potiskem byl použit remisní spektrofotometr Microflash 200d firmy Datacolor International Inc. Jedná se o měření, při kterém jsme schopni stanovit kolorimetrické parametry vzorků na základě pohlcování světla v různých vlnových délkách. Jako substrát byl určený kamuflážní vzor s béžovým potiskem - pouštní (barevné odstíny – světle hnědá, tmavě hnědá). Naopak kamuflážní vzor se zeleným potiskem - lesní (barevné odstíny – světle zelená, tmavě zelená, hnědá, černá) byl označen jako předloha. Měření jednotlivých termochromních pigmentů probíhalo čtyřikrát a pro zaznamenání dat byl použit software DatacolorTools firmy Datacolor Int. Tento software pracuje s třemi naměřenými hodnotami: L (jas), c (čistota), h (odstín).

Geometrie měření vyjadřuje uspořádání měřicí soustavy, tedy pod jakým úhlem dopadá světlo a pod jakým úhlem je toto světlo snímáno. Pro receptování byl použit typ spektrofotometru s geometrií d:8° s měřicí aperturou 20 mm v módu SCI – tedy di:8°. U této geometrie s integrační koulí je osvětlení ze všech stran a snímání pod úhlem 8°. Toto měření zahrnuje složku z přímého odrazu vložení bílé záklopy. Před jednotlivým měřením vzorků byl přístroj kalibrován černým, bílým a zeleným standardem.



Obr. 18 Spektrofotometr Microflash 200d

Pomocí programu ColorMatch byly vytvořeny receptury pro jednotlivé barevné odstíny lesní kamufláže na základě naměřených odrazových vlastností dostupných

termochromních pigmentů. Následně byly vybrány receptury s nejmenší barevnou odchylkou ΔE^* pro lesní vojenskou kamufláž. Vybrané receptury jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 4 Vybrané receptury

| Světle zelená | |
|-------------------------|--------------|
| Itothermochromic Green | 56,988 g/kg |
| Itothermochromic Yellow | 278,509 g/kg |
| Záhustka | 664,503 g/kg |
| Tmavě zelená | |
| Itothermochromic Green | 82,393 g/kg |
| Itothermochromic Yellow | 600,000 g/kg |
| Matsui Black | 15,541 g/kg |
| Matsui Orange | 13,393 g/kg |
| Záhustka | 288,673 g/kg |
| Hnědá | |
| Itothermochromic Green | 299,893 g/kg |
| Matsui Black | 135,197 g/kg |
| Matsui Orange | 53,121 g/kg |
| Záhustka | 511,789 g/kg |
| Černá | |
| Matsui Black | 200,000 g/kg |
| Záhustka | 800,000 g/kg |

2.5 Zkoušky stálobarevnosti

Barevná stálost je důležitým faktorem z hlediska spotřebitele poptávajícího textilní zboží. Stálobarevnost vyjadřuje odolnost barev materiálů vůči ztrátě barevného odstínu. Na barevné textilie působí nepříznivé vlivy, jako je např. voda, pot, otěr, praní nebo světlo, které ovlivňují jejich barevnou stálost. Textilie jsou vystaveny některým z těchto vlivů během výroby nebo poté při běžném použití spotřebitelem. Nežádoucím účinkům při běžném používání se dá předejít vhodnou finální úpravou materiálu. Předmětem této diplomové práce je zhodnotit vybrané zkoušky stálostí a jejich vliv na parametry termochromních barviv aplikovaných na textilií.

2.5.1 Příprava vzorků

Pro stálobarevnostní zkoušky byly vybrané receptury jednotlivých odstínů natisknuty na doprovodnou textilii se stejným materiálovým složením kamuflážní textilie (parametry tkaniny viz Tab. 5) z důvodu úspory textilie s kamuflážním vzorem.

Tab. 5 Parametry doprovodné textilie

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Materiálové složení | 65 % PES, 35 % CO |
| Vazba | plátňová |
| Dostava | 43 nití/cm |
| - osnova | |
| - útek | 21 nití/cm |
| Plošná hmotnost | 170 g/m ² |

Vojenské uniformy vyžadují speciální požadavky na užité vlastnosti. Jedná se například o tyto vlastnosti – nepromokavost, nehořlavost, nepropustnost pro chemikálie, nepropustnost pro prach, antibakteriální aktivita, antistatické vlastnosti, odolnost proti žáru.

Tato část práce se zabývá výběrem vhodné technologie nanášení hydrofobní (vodoodpudivý) úpravy v kombinaci s termochromními pigmenty. Po použití vzniká aktivní vrstva odpuzující olej a vodu. Do tiskací pasty byl přidán PHOBOL® CP v doporučeném poměru výrobcem 50 g/l. Vzorky byly natisknuty a sušeny při 150 °C na 5 minut v horkovzdušné sušárně HS 62A. Jednotlivé poměry UV absorbéru (Tab. 6) byly společně smíchány s přípravkem PHOBOL® XAN v poměru 7,5 g/l v destilované vodě. Tento tekutý přípravek se nanášel pomocí fuláru na natisknuté vzorky s termochromními pigmenty.

Pro dosažení lepší odolnosti před škodlivými účinky vnějších povětrnostních vlivů, které jsou důsledkem vystavení ultrafialového záření, byl přidán a také testován v různých poměrech UV absorbér. Ultrafialové záření (UV) je elektromagnetické vlnění s vlnovými délkami kratšími než viditelné světlo. Zaujímá spektrální oblast vlnových délek od 100-400 nm. Vzniká jako součást slunečního záření, ale při dopadu na Zem se rozptyluje v ionosféře, ozonoféře a v ostatních vrstvách. Čím déle UV záření prochází atmosférou, tím menší je jeho působení na zemském povrchu.

Byly testované dva typy UV absorbéru pro barvení a tisk polyesterových vláken a jejich směsí, které jsou vystaveny kritickým podmínkám zejména při dlouhodobém působení světla a tepla s označením HLF a PEX. Tyto absorbéry zvyšují úroveň absorpce UV záření a vykazují mnohem výraznější účinek při snižování ztráty barev. Koncentrační

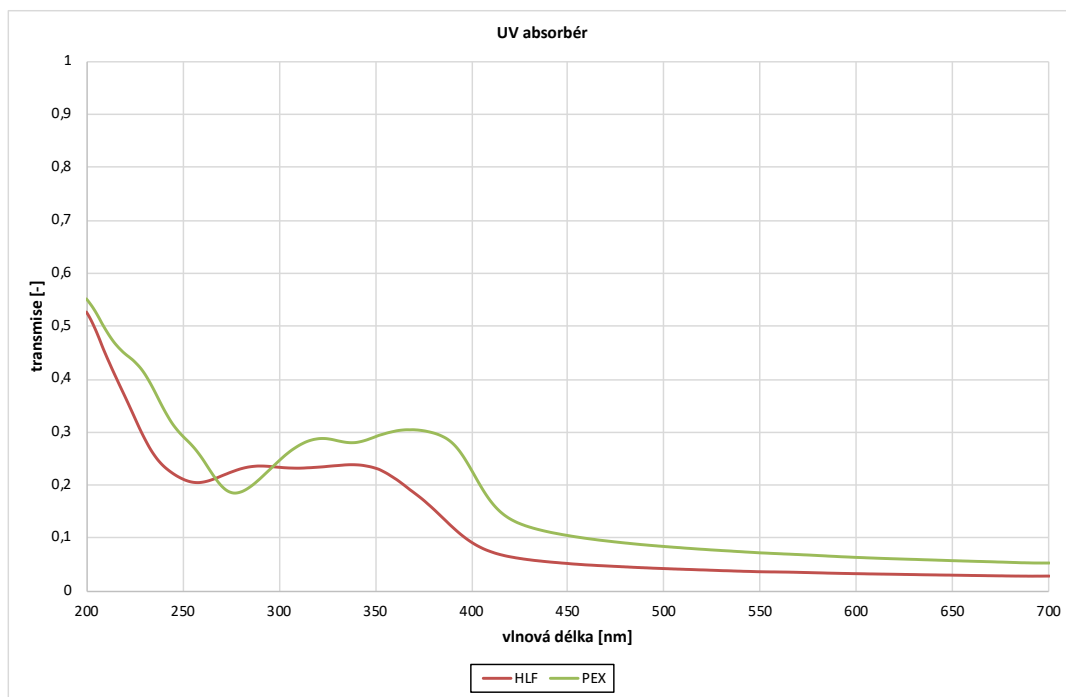
řada UV absorbérů (Tab. 6) byla zvolena tak, aby se testovala nižší a zároveň vyšší koncentrace, než je doporučeno výrobcem (15-60 g/l).

Tab. 6 UV absorbér

| Koncentrační řada UV absorbérů | | | | | |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| HLF, PEX | 5 g/l | 15 g/l | 30 g/l | 45 g/l | 75 g/l |

Vybrané zkoušky stálostí se prováděly za použití obou typů UV absorbérů. Vzorky se po testování měřily pomocí obrazové analýzy v programu Matlab s předpřipraveným skriptem používaným laboratoří LCAM, vyhodnocení naměřených dat bylo zpracováno v programu Microsoft Excel pomocí tabulek a následně i grafů. Získané výsledky ukázaly, že hlediska vlivu na termochromní efekt jsou oba testované prostředky srovnatelné. Následovalo měření transmise na širokospektrálním spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC. Spektrofotometer Shimadzu UV-VIS-NIR je dvojitý přímý měřicí systém, který poskytuje řešení v analýze filmů, prášků, povlaků, plastů a kapalin. Přístroj Shimadzu UV-3101PC obsahuje dvě sady tří mřížek, které pokrývají širokou oblast vlnových délek od ultrafialového až po blízké infračervené záření. Šířka spektrálního pásma je 190-3100 nm. Data jsou získávána prostřednictvím tří základních režimů: skenování vlnových délek, kvantitativní a časové skenování se softwarem umožňujícím kontrolu všech parametrů akvizice a formátů ukládání. Spektrofotometr Shimadzu je vybaven integrační koulí ISR-260 (vnitřní průměr 60 mm), který se používá pro měření odraznosti a propustnosti neprůhledných, průsvitných a zakalených vzorků v širokém rozsahu vlnových délek od 240-2500 nm.

Na základě provedených měření byl vybrán UV absorbér s označením HLF, který vykazoval vyšší absorpční účinnost v oblasti 300 až 400 nm (Obr. 19). Tato práce je zaměřena na výsledky zkoušek stálosti vybarvení vybraného UV absorbéru HLF, grafické výsledky UV absorbéru PEX jsou uvedeny v příloze na CD.



Obr. 19 Graf – Výběr vhodného UV absorbéru

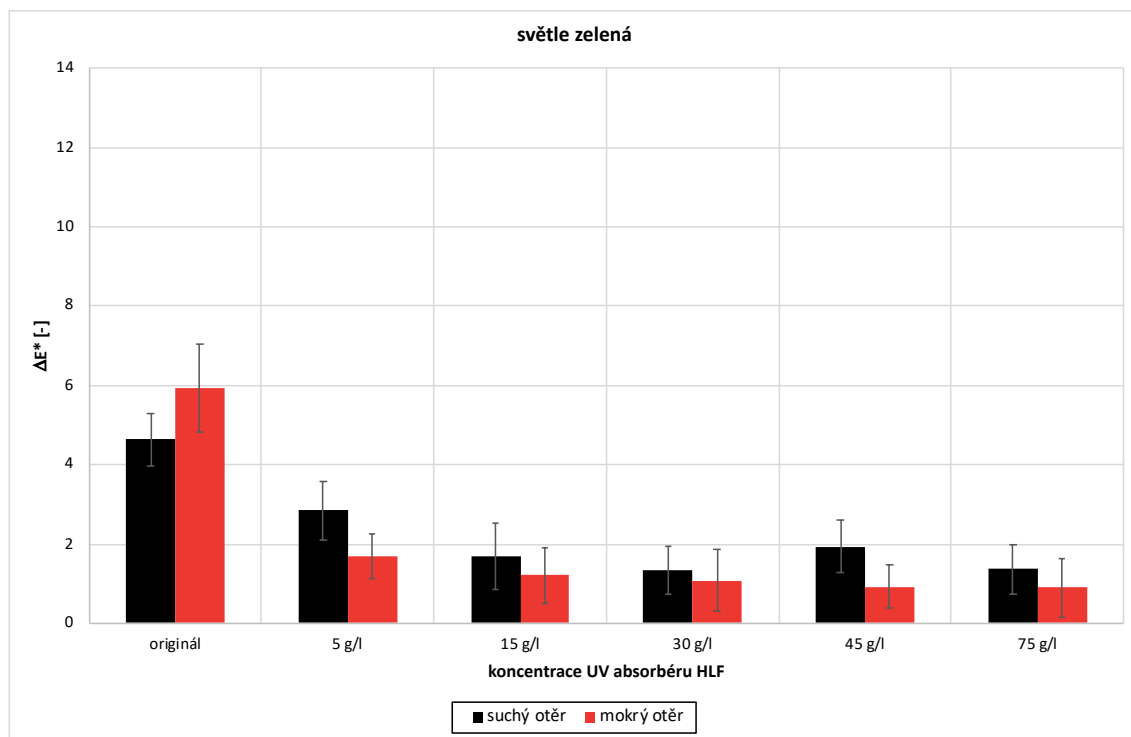
2.5.2 Stálobarevnost v otěru

Zkouška stálosti v otěru zkoumá odolnost textilie vůči otírání jinou textilií a schopnost svou barvu do ostatních textilií nezapouštět. Vzorky zkoušené textilie se otírají suchou a mokrou bavlněnou tkaninou, kde se hodnotí zapouštění a případné výrazné rozdíly barvy zkoušené textilie před a po otěru. Postup této zkoušky je podrobně popsán v normě s označením ČSN EN ISO 105-X12 (80 0139).

Zkouška probíhala na přístroji CROCKMETER SDL firmy ATLAS. Testovaný vzorek se otíral o bavlněnou tkaninu bílé barvy posunem tam a zpět 10krát po lineární dráze 100 mm. Normovaná bílá tkanina je upevněna na otíracím palci o průměru 16 mm a působí silou 9 N.



Obr. 20 Crockmeter

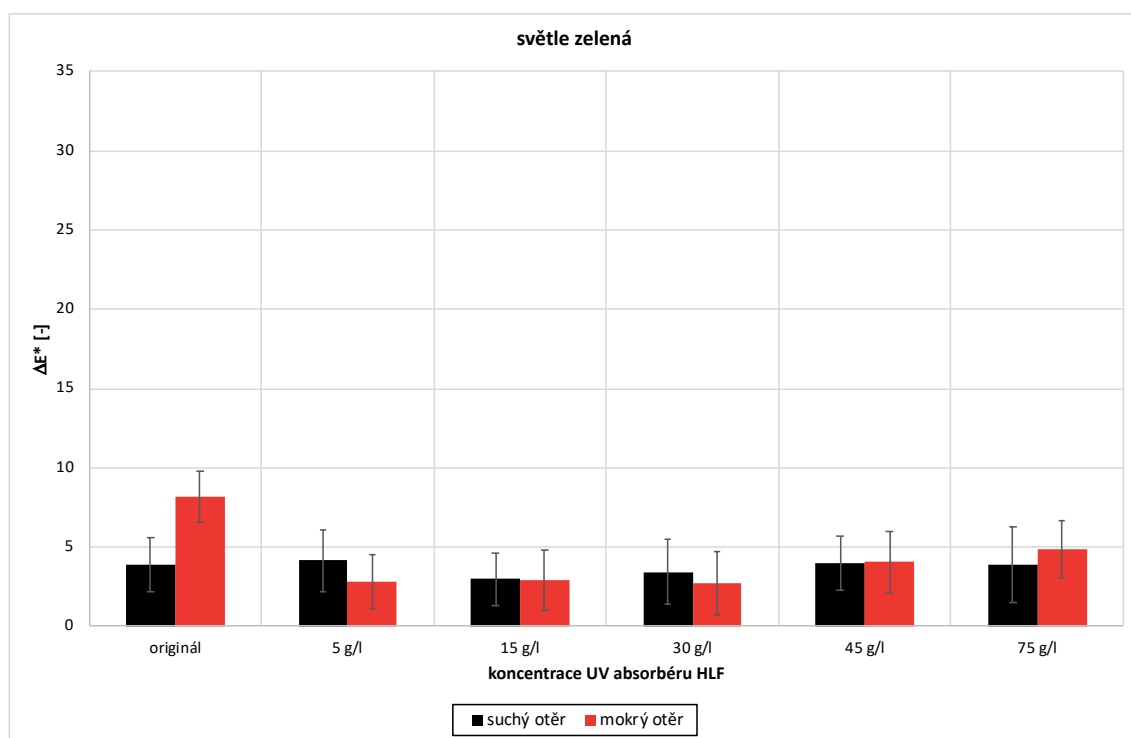


Obr. 21 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru

Tab. 7 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – změny odstínu – světle zelená

| SUCHÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|----------|----------|
| originál světle zelená | 63,53 | -23,98 | 12,24 | 4,64 | 0,67 | 4,60 | 4,68 |
| 5g/l HLF světle zelená | 63,64 | -22,87 | 11,96 | 2,84 | 0,74 | 2,80 | 2,89 |
| 15g/l HLF světle zelená | 63,72 | -24,47 | 12,80 | 1,68 | 0,84 | 1,63 | 1,73 |
| 30g/l HLF světle zelená | 63,42 | -24,35 | 13,72 | 1,34 | 0,62 | 1,30 | 1,38 |
| 45g/l HLF světle zelená | 63,67 | -23,44 | 13,52 | 1,93 | 0,66 | 1,89 | 1,97 |
| 75g/l HLF světle zelená | 64,51 | -22,92 | 12,23 | 1,37 | 0,62 | 1,34 | 1,41 |

| MOKRÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|----------|----------|
| originál světle zelená | 64,02 | -23,11 | 11,27 | 5,93 | 1,10 | 5,86 | 5,99 |
| 5g/l HLF světle zelená | 63,07 | -23,86 | 12,13 | 1,70 | 0,58 | 1,66 | 1,73 |
| 15g/l HLF světle zelená | 63,70 | -24,96 | 12,59 | 1,21 | 0,70 | 1,17 | 1,26 |
| 30g/l HLF světle zelená | 63,19 | -25,84 | 13,93 | 1,08 | 0,77 | 1,04 | 1,13 |
| 45g/l HLF světle zelená | 63,22 | -24,06 | 11,83 | 0,93 | 0,55 | 0,90 | 0,96 |
| 75g/l HLF světle zelená | 65,62 | -23,11 | 10,75 | 0,89 | 0,72 | 0,85 | 0,94 |



Obr. 22 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru

Tab. 8 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – zapouštění – světle zelená

| SUCHÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 69,46 | -1,80 | 4,60 | 3,89 | 1,72 | 3,78 | 3,99 |
| 5g/l HLF světle zelená | 69,64 | -2,18 | 4,85 | 4,14 | 1,98 | 4,02 | 4,27 |
| 15g/l HLF světle zelená | 70,47 | -1,80 | 3,94 | 2,98 | 1,66 | 2,88 | 3,08 |
| 30g/l HLF světle zelená | 70,35 | -2,18 | 4,25 | 3,42 | 2,04 | 3,29 | 3,54 |
| 45g/l HLF světle zelená | 69,53 | -2,17 | 4,64 | 3,99 | 1,69 | 3,89 | 4,10 |
| 75g/l HLF světle zelená | 70,12 | -1,76 | 4,85 | 3,90 | 2,38 | 3,76 | 4,05 |

| MOKRÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 68,65 | -5,34 | 7,59 | 8,16 | 1,60 | 8,07 | 8,26 |
| 5g/l HLF světle zelená | 69,38 | -1,73 | 3,32 | 2,82 | 1,71 | 2,72 | 2,93 |
| 15g/l HLF světle zelená | 70,42 | -1,96 | 3,83 | 2,95 | 1,90 | 2,83 | 3,07 |
| 30g/l HLF světle zelená | 70,56 | -2,06 | 3,59 | 2,74 | 2,01 | 2,62 | 2,86 |
| 45g/l HLF světle zelená | 69,09 | -2,35 | 4,42 | 4,05 | 1,96 | 3,93 | 4,17 |
| 75g/l HLF světle zelená | 69,24 | -2,75 | 5,29 | 4,87 | 1,78 | 4,76 | 4,98 |

2.5.2.1 Diskuze

Hodnocení změny barevného odstínu lze hodnotit vizuálně podle šedé stupnice ČSN ISO 105-A02 nebo přístrojově ČSN ISO 105-A05. U vizuálního hodnocení zapouštění se používá šedá stupnice ČSN ISO 105-A03. Pro přístrojové hodnocení stupně zapouštění doprovodných tkanin norma ČSN ISO 105-A04. V případě této práce byla změna odstínů a následné zapouštění vyhodnocována přístrojově.

Na Obr. 21-22 jsou zaznamenány barevné odchylky ΔE^* v závislosti na použité koncentraci UV absorbéru testovaných vzorků pro stálobarevnost v suchém a mokrému otěru. V této části jsou uvedeny výsledky odstínu světle zelená, ostatní barevné odstíny jsou uvedeny v Příloze č. 1. – obr. 1- 3. Vzorek *originál* označuje natištěný termochromní pigment v daném odstínu bez finální úpravy. I tento vzorek byl testovaný v suchém i mokrému otěru. Barevná odchylka ΔE^* změny barevného odstínu je počítána k hodnotám před nanesením finální úpravou. U zapouštění je vztahována ΔE^* k normované bílé tkanině.

UV absorbér nemá vliv na koncentrační řadu ve změně odstínu nebo následného zapouštění. Aplikace hydrofobní úpravy zamezila otírání termochromního pigmentu oproti originálu. U světle zeleného pigmentu je barevná odchylka ΔE^* vyšší za sucha. Naopak u tmavších odstínů (hnědá, černá) je výraznější zhoršení stálosti za mokra.

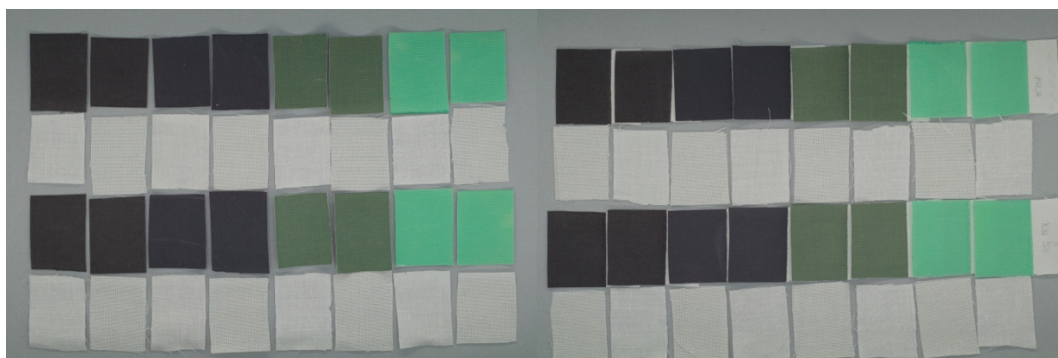
2.5.3 Stálobarevnost v potu

Při zkoušce stálobarevnosti v potu se simulují podmínky působení lidského potu na textilii, a to v roztoku kyselém a alkalickém. Výsledky zkoušky svědčí o schopnosti textilie udržet si svou barvu při působení lidského potu.

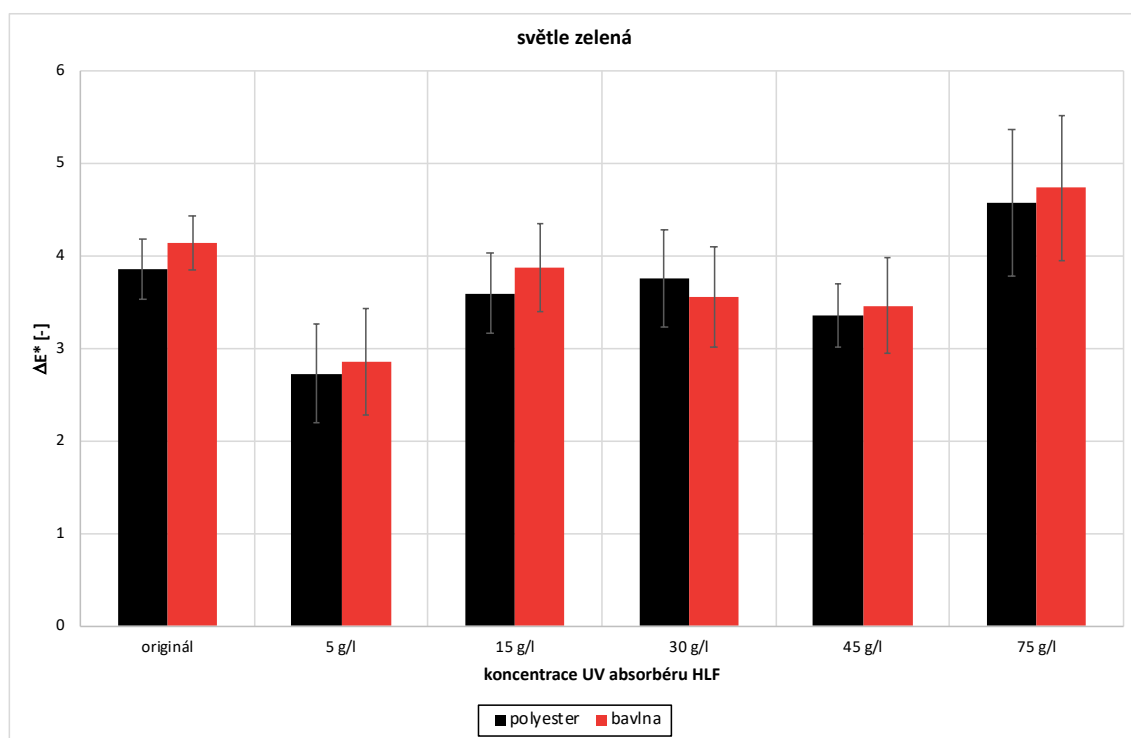
Připravený sendvičový vzorek byl složen ze zkoušené natisknuté textilie s termochromními pigmenty a dvou doprovodných materiálů – bavlna a polyester. Následně bylo zkušební zařízení se sdruženými vzorky vloženo do sušárny na 4 hodiny při teplotě 37 °C. Tuto zkoušku podrobně popisuje norma s označením ČSN EN ISO 105-E04 (80 0165).



Obr. 23 Zkušební zařízení – perspirometr



Obr. 24 Stálobarevnost v potu – alkalický a kyselý roztok

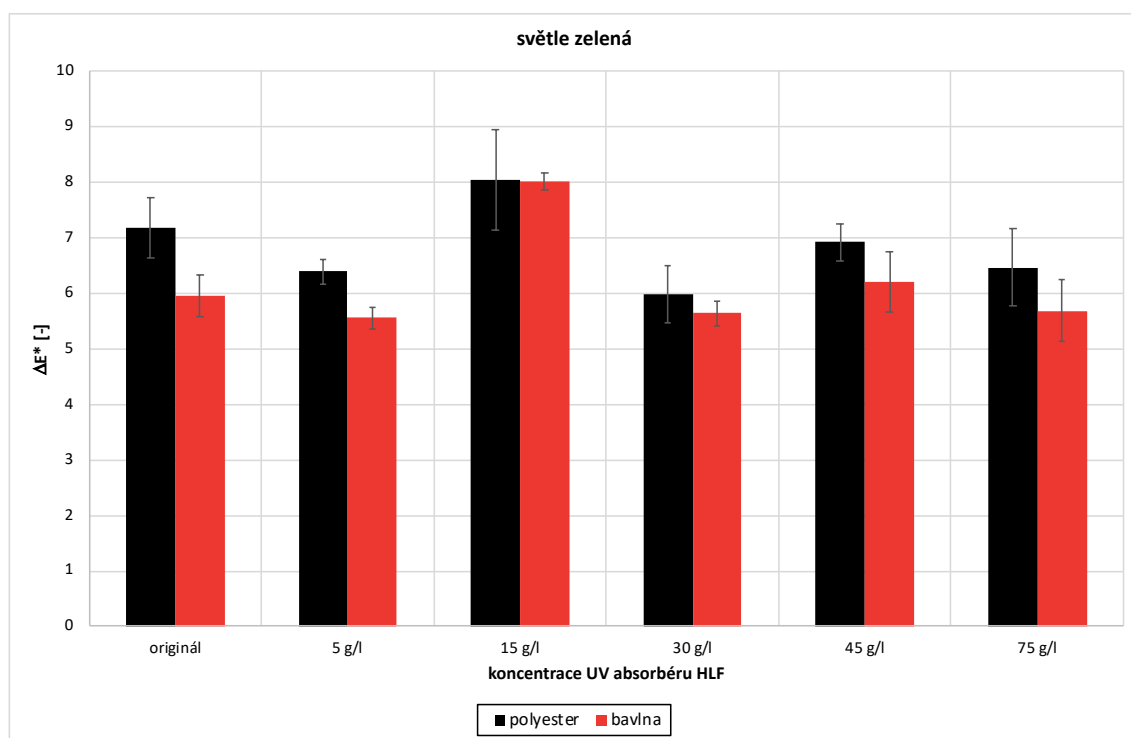


Obr. 25 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok

Tab. 9 Hodnoty L^* a^* b^* – změny odstínu – světle zelená

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 58,81 | -25,75 | 10,70 | 3,86 | 0,33 | 3,84 | 3,88 |
| 5g/l HLF světle zelená | 60,02 | -25,55 | 11,14 | 2,73 | 0,54 | 2,70 | 2,77 |
| 15g/l HLF světle zelená | 59,58 | -26,35 | 11,14 | 3,60 | 0,44 | 3,57 | 3,62 |
| 30g/l HLF světle zelená | 59,77 | -25,63 | 10,82 | 3,77 | 0,53 | 3,73 | 3,80 |
| 45g/l HLF světle zelená | 59,99 | -25,36 | 10,76 | 3,37 | 0,34 | 3,34 | 3,39 |
| 75g/l HLF světle zelená | 60,67 | -25,32 | 11,13 | 4,58 | 0,79 | 4,53 | 4,63 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 58,43 | -26,81 | 10,44 | 4,14 | 0,30 | 4,13 | 4,16 |
| 5g/l HLF světle zelená | 59,86 | -25,52 | 11,20 | 2,86 | 0,57 | 2,82 | 2,89 |
| 15g/l HLF světle zelená | 59,32 | -26,39 | 11,05 | 3,88 | 0,47 | 3,85 | 3,91 |
| 30g/l HLF světle zelená | 59,85 | -26,10 | 11,19 | 3,56 | 0,55 | 3,53 | 3,60 |
| 45g/l HLF světle zelená | 59,84 | -26,02 | 11,32 | 3,46 | 0,52 | 3,43 | 3,50 |
| 75g/l HLF světle zelená | 60,53 | -25,39 | 11,18 | 4,74 | 0,79 | 4,69 | 4,79 |

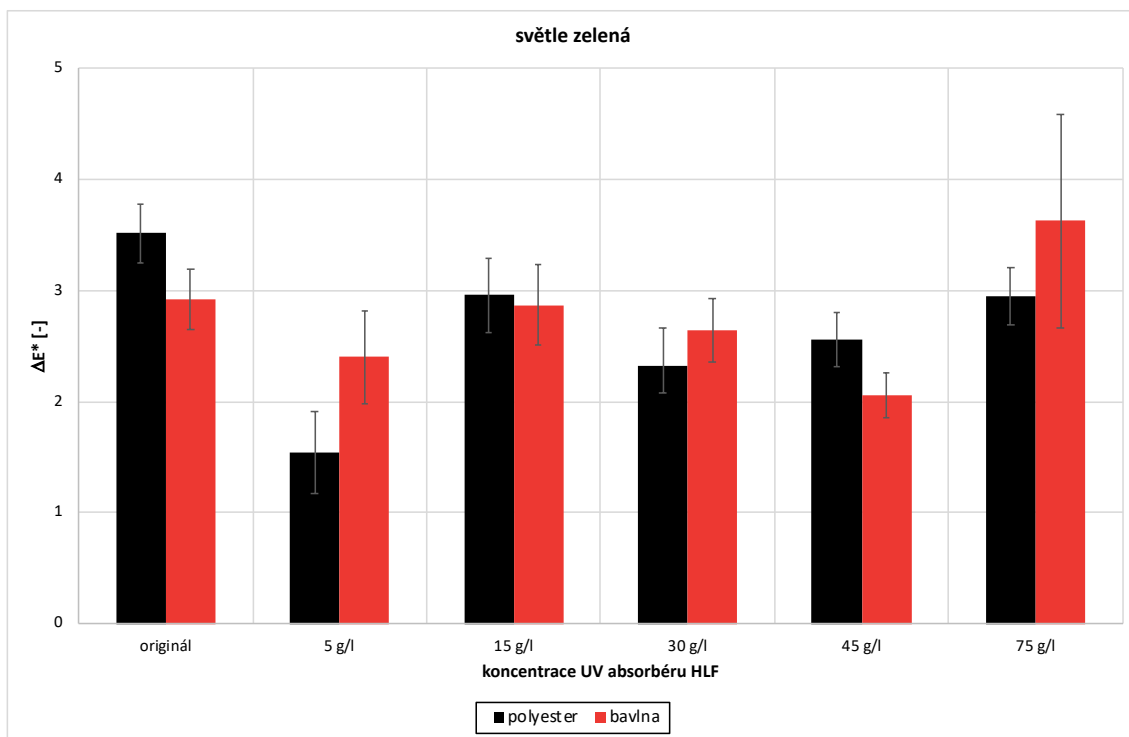


Obr. 26 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok

Tab. 10 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – zapouštění – světle zelená

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|----------|----------|
| originál světle zelená | 63,89 | -2,06 | 3,88 | 7,19 | 0,54 | 7,15 | 7,22 |
| 5g/l HLF světle zelená | 64,70 | -2,11 | 3,78 | 6,40 | 0,22 | 6,38 | 6,41 |
| 15g/l HLF světle zelená | 63,01 | -2,18 | 3,85 | 8,04 | 0,90 | 7,98 | 8,09 |
| 30g/l HLF světle zelená | 65,09 | -1,96 | 3,69 | 5,98 | 0,51 | 5,95 | 6,01 |
| 45g/l HLF světle zelená | 64,23 | -2,44 | 3,87 | 6,92 | 0,34 | 6,90 | 6,94 |
| 75g/l HLF světle zelená | 64,65 | -2,25 | 3,80 | 6,47 | 0,70 | 6,43 | 6,51 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|----------|----------|
| originál světle zelená | 65,25 | -1,28 | 2,75 | 5,96 | 0,39 | 5,93 | 5,98 |
| 5g/l HLF světle zelená | 65,65 | -1,51 | 2,61 | 5,56 | 0,19 | 5,55 | 5,57 |
| 15g/l HLF světle zelená | 63,24 | -1,85 | 3,01 | 8,02 | 0,15 | 8,01 | 8,03 |
| 30g/l HLF světle zelená | 65,58 | -1,54 | 2,63 | 5,64 | 0,22 | 5,63 | 5,65 |
| 45g/l HLF světle zelená | 65,03 | -1,68 | 2,77 | 6,22 | 0,54 | 6,18 | 6,25 |
| 75g/l HLF světle zelená | 65,70 | -1,86 | 3,01 | 5,69 | 0,56 | 5,65 | 5,72 |

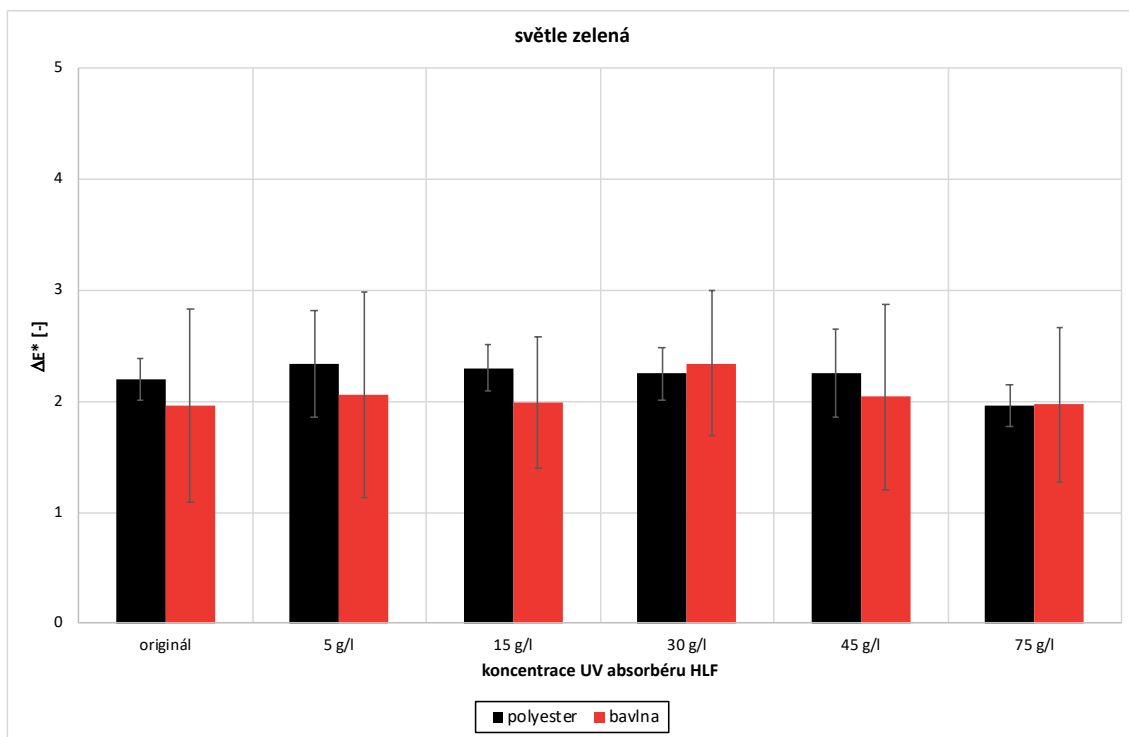


Obr. 27 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok

Tab. 11 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – změny odstínu – světle zelená

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 60,65 | -27,68 | 10,81 | 3,52 | 0,26 | 3,50 | 3,53 |
| 5g/l HLF světle zelená | 61,17 | -25,13 | 11,59 | 1,54 | 0,37 | 1,52 | 1,56 |
| 15g/l HLF světle zelená | 60,45 | -27,02 | 11,22 | 2,96 | 0,33 | 2,94 | 2,98 |
| 30g/l HLF světle zelená | 61,14 | -24,95 | 11,46 | 2,33 | 0,25 | 2,31 | 2,34 |
| 45g/l HLF světle zelená | 61,54 | -26,56 | 11,15 | 2,56 | 0,25 | 2,54 | 2,57 |
| 75g/l HLF světle zelená | 62,06 | -24,37 | 10,90 | 2,95 | 0,91 | 2,89 | 3,01 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 60,58 | -27,43 | 11,35 | 2,92 | 0,27 | 2,91 | 2,94 |
| 5g/l HLF světle zelená | 60,33 | -25,51 | 11,26 | 2,40 | 0,42 | 2,37 | 2,43 |
| 15g/l HLF světle zelená | 60,39 | -26,82 | 11,43 | 2,87 | 0,36 | 2,85 | 2,89 |
| 30g/l HLF světle zelená | 60,80 | -25,24 | 11,31 | 2,64 | 0,29 | 2,63 | 2,66 |
| 45g/l HLF světle zelená | 61,68 | -25,91 | 11,17 | 2,05 | 0,20 | 2,04 | 2,06 |
| 75g/l HLF světle zelená | 61,51 | -24,88 | 10,99 | 3,63 | 0,96 | 3,57 | 3,69 |



Obr. 28 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok

Tab. 12 Hodnoty $L^* a^* b^*$ – zapouštění – světle zelená

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 69,62 | -1,77 | 3,73 | 2,19 | 0,19 | 2,18 | 2,21 |
| 5g/l HLF světle zelená | 69,48 | -1,55 | 3,84 | 2,34 | 0,48 | 2,31 | 2,37 |
| 15g/l HLF světle zelená | 69,63 | -1,82 | 3,85 | 2,30 | 0,21 | 2,29 | 2,31 |
| 30g/l HLF světle zelená | 69,86 | -1,78 | 3,91 | 2,25 | 0,24 | 2,23 | 2,26 |
| 45g/l HLF světle zelená | 69,56 | -1,87 | 3,73 | 2,25 | 0,39 | 2,23 | 2,28 |
| 75g/l HLF světle zelená | 70,06 | -1,83 | 3,66 | 1,96 | 0,18 | 1,95 | 1,97 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 70,06 | -1,30 | 2,83 | 1,96 | 0,87 | 1,91 | 2,02 |
| 5g/l HLF světle zelená | 69,87 | -1,00 | 2,88 | 2,06 | 0,93 | 2,00 | 2,12 |
| 15g/l HLF světle zelená | 69,93 | -1,20 | 2,81 | 1,99 | 0,59 | 1,96 | 2,03 |
| 30g/l HLF světle zelená | 69,79 | -1,23 | 3,14 | 2,34 | 0,65 | 2,30 | 2,38 |
| 45g/l HLF světle zelená | 70,42 | -1,60 | 2,98 | 2,04 | 0,84 | 1,99 | 2,09 |
| 75g/l HLF světle zelená | 70,38 | -1,60 | 2,89 | 1,98 | 0,70 | 1,93 | 2,02 |

2.5.3.1.Diskuze

Na Obr. 25 a 26 jsou zaznamenány hodnoty barevné odchylky ΔE^* (viz Tab. 9-10) pro změnu barevného odstínu a zapouštění do doprovodných tkanin v kyselém roztoku. Pro alkalický roztok obr. 27-28. V textu je uveden světle zelený odstín, ostatní odstíny jsou v Příloze č. 2 a 3.

Vzorek *originál* označuje natištěný termochromní pigment v daném odstínu bez finální úpravy. I tento vzorek byl testovaný v potu-kyselém a alkalickém roztoku.

Barevná odchylka ΔE^* změny odstínu je počítána k hodnotám před nanesením finální úpravou. U zapouštění je počítána k doprovodné textilii zvlášť pro polyester a pro bavlnu.

Koncentrace UV absorbéru významně neovlivňuje působení alkalického nebo kyselého potu. Výraznější barevná změna zapouštění byla u polyesteru v případě kyselého roztoku viz obr. 26. Hydrofobní úprava nemá oproti originálu vliv na změnu a zapouštění odstínu.

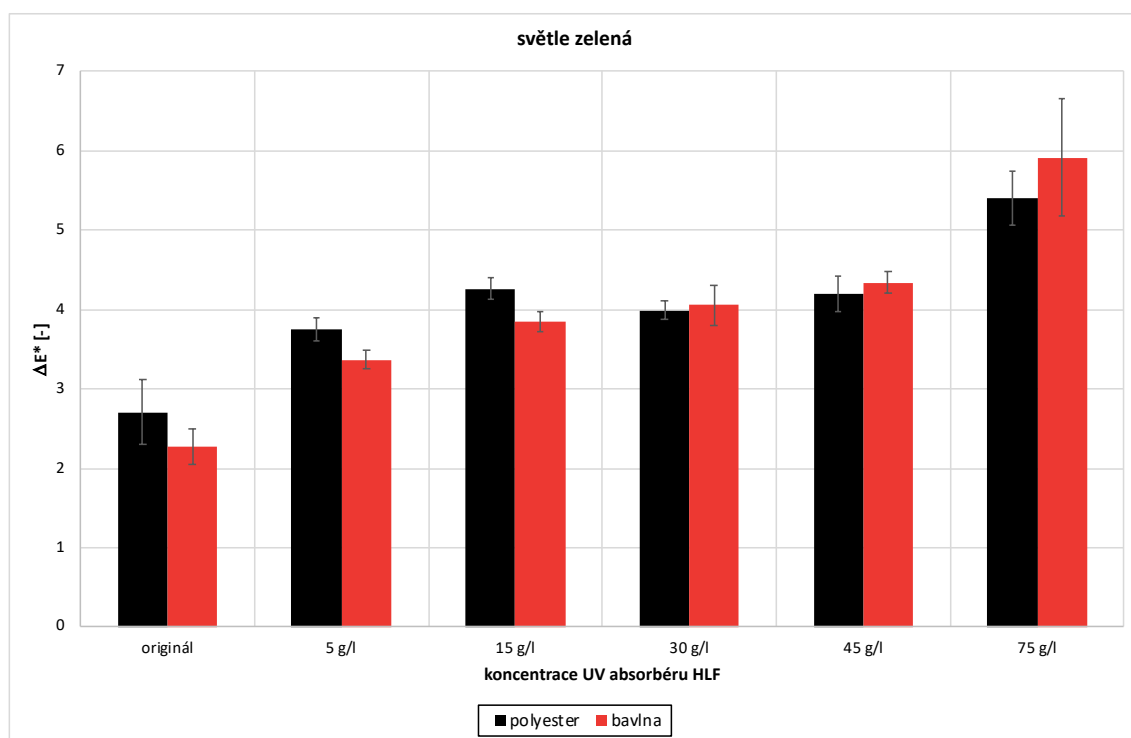
2.5.4 Stálobarevnost v domácím a komerčním praní

Textilní vzorky byly při tomto testování vystaveny namáhání, které odpovídá zátěži při běžném domácím nebo komerčním praní. Zkouška zjišťuje odolnost barevného termochromního potisku a zapouštění do doprovodných tkanin. Vojenské uniformy jsou namáhány více než jiné a je tedy nutné, aby měly vysokou stálobarevnost v praní. Tato zkouška byla provedena podle normy s označením ČSN EN ISO 105-C06 (80 0123).

K natisknutým vzorkům byly přišity doprovodné textilie (bavlna a polyester). Takto připravené vzorky byly vloženy do patronových aparátů společně s ocelovými kuličkami a prací lázní (100 ml), díky kterým bylo dosaženo mechanického namáhání. Prací lázeň obsahovala 4 g/l pracího prostředku Automat Bonux m-Zims 5. Zkouška byla provedena na přístroji Ahiba Nuance od firmy Datacolor při teplotě 60 °C po dobu 30 minut. Sušení vzorků probíhalo při pokojové teplotě. Změna odstínu natisknutého vzorku a zapouštění do doprovodných textilií se vyhodnocovala přístrojově. Vzorky se nafotily pod simulátorem denního světla D65 a následně byly měřeny přes obrazovou analýzu v programu Matlab.



Obr. 29 Přístroj Ahiba Nuance

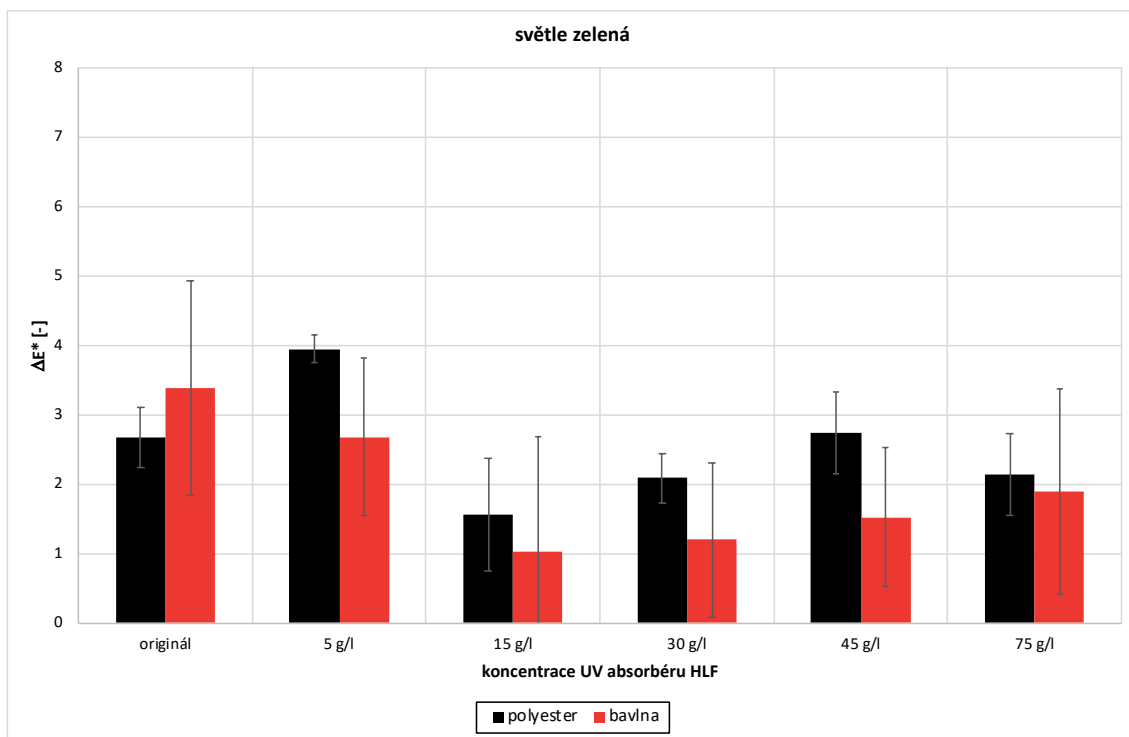


Obr. 30 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní

Tab. 13 Hodnoty L^* a^* b^* – změny odstínu – světle zelená

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 59,86 | -28,76 | 12,48 | 2,71 | 0,40 | 2,68 | 2,73 |
| 5g/l HLF světle zelená | 60,88 | -28,51 | 13,71 | 3,75 | 0,14 | 3,74 | 3,75 |
| 15g/l HLF světle zelená | 60,79 | -29,23 | 13,76 | 4,26 | 0,13 | 4,25 | 4,27 |
| 30g/l HLF světle zelená | 61,14 | -28,86 | 13,98 | 3,99 | 0,11 | 3,98 | 4,00 |
| 45g/l HLF světle zelená | 61,45 | -27,95 | 14,67 | 4,20 | 0,23 | 4,18 | 4,21 |
| 75g/l HLF světle zelená | 61,40 | -27,88 | 14,21 | 6,40 | 0,34 | 6,38 | 6,42 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál světle zelená | 60,18 | -28,22 | 12,50 | 2,27 | 0,22 | 2,25 | 2,28 |
| 5g/l HLF světle zelená | 61,35 | -28,57 | 12,85 | 3,37 | 0,12 | 3,36 | 3,38 |
| 15g/l HLF světle zelená | 61,94 | -29,41 | 13,41 | 3,85 | 0,13 | 3,85 | 3,86 |
| 30g/l HLF světle zelená | 62,17 | -29,12 | 14,39 | 4,05 | 0,25 | 4,04 | 4,07 |
| 45g/l HLF světle zelená | 62,25 | -28,47 | 14,52 | 4,34 | 0,13 | 4,33 | 4,35 |
| 75g/l HLF světle zelená | 61,72 | -28,38 | 13,64 | 6,35 | 0,74 | 6,30 | 6,39 |



Obr. 31 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní

Tab. 14 Hodnoty $L^* a^* b^*$ – zapouštění – světle zelená

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|----------|----------|
| originál světle zelená | 69,02 | -2,10 | 3,78 | 2,68 | 0,43 | 2,65 | 2,70 |
| 5g/l HLF světle zelená | 67,11 | -2,11 | 3,20 | 3,96 | 0,20 | 3,94 | 3,97 |
| 15g/l HLF světle zelená | 70,87 | -2,06 | 3,30 | 1,58 | 0,81 | 1,53 | 1,63 |
| 30g/l HLF světle zelená | 69,35 | -1,99 | 3,31 | 2,10 | 0,36 | 2,08 | 2,12 |
| 45g/l HLF světle zelená | 68,70 | -2,11 | 3,53 | 2,74 | 0,59 | 2,71 | 2,78 |
| 75g/l HLF světle zelená | 69,70 | -2,27 | 3,52 | 2,15 | 0,60 | 2,11 | 2,19 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|----------|----------|
| originál světle zelená | 67,75 | -1,30 | 2,07 | 3,38 | 1,55 | 3,29 | 3,48 |
| 5g/l HLF světle zelená | 68,40 | -1,27 | 1,82 | 2,69 | 1,13 | 2,62 | 2,76 |
| 15g/l HLF světle zelená | 70,60 | -1,42 | 1,95 | 1,03 | 1,67 | 0,93 | 1,14 |
| 30g/l HLF světle zelená | 70,45 | -1,31 | 2,14 | 1,20 | 1,12 | 1,13 | 1,27 |
| 45g/l HLF světle zelená | 69,86 | -1,35 | 2,07 | 1,53 | 1,00 | 1,46 | 1,59 |
| 75g/l HLF světle zelená | 69,31 | -1,30 | 1,94 | 1,89 | 1,48 | 1,80 | 1,98 |

2.5.4.1 Diskuze

Stálobarevnost v praní je zobrazena na grafu v obr. 30-31 pro zelený odstín (Příloha č. 4. – Obr. 1-3 pro ostatní barevné odstíny).

Na grafech jsou zaznamenány hodnoty barevné odchylky ΔE^* (viz Tab.13-14). U změny barevného světla zeleného odstínu se po zkoušce v praní podle grafického zpracování neprojevil účinek UV absorbéru ani hydrofobní vrstva. Z těchto grafů je patrné, že při tmavších odstínech se barevná odchylka po praní zmenšuje oproti originálu. Vzorek *originál* označuje natištěný termochromní pigment v daném odstínu bez finální úpravy. I tento vzorek byl testovaný v praní. Zároveň je zřejmé, že použitý UV absorbér zvyšuje výsledný rozdíl barev s rostoucí koncentrací.

Výsledky zapouštění jsou vyšší u polyesterové tkaniny ve všech barevných odstínech oproti bavlněné.

2.5.5 Stálobarevnost na umělém světle: Zkouška s xenonovou výbojkou

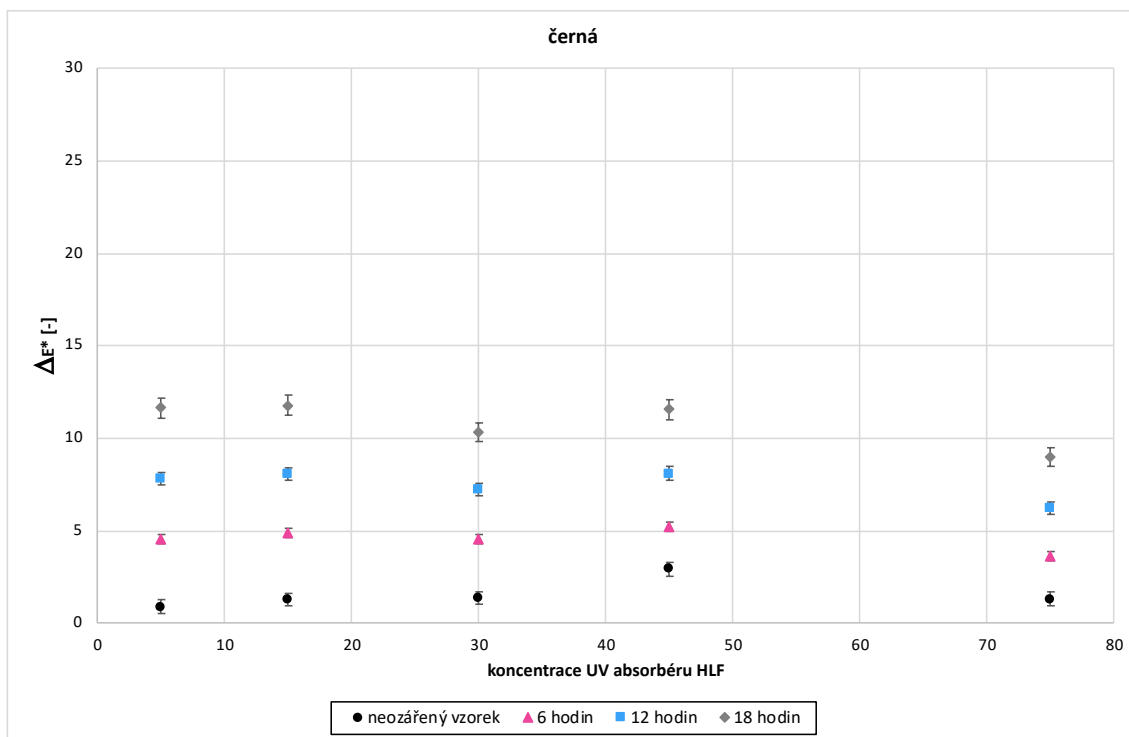
Zkouška stálobarevnosti na umělém světle stanovuje metodu určenou pro zjišťování odolnosti barvy textilií vůči působení umělého světelného zdroje, odpovídajícího přírodnímu dennímu světlu (D65). Zkušební vzorky jsou vystaveny umělému světlu za předepsaných podmínek, současně se sadou modrých vlněných standardů. Tyto standardy jsou označeny stupni od 1 (velmi nízká stálobarevnost na světle) do 8 (velmi vysoká stálobarevnost na světle) a mají přibližně dvojnásobně vyšší stálost než předcházející. Dále pak je vložen i kontrolní vzorek (bavlněná tkanina obarvená červeným azobarvivem) pro stanovení vlhkosti. Efektivní vlhkost je definována jako kombinace teplot vzduchu a povrchu a relativní vlhkosti vzduchu během osvětlování. Test se řídí dle normy ČSN ISO 105-B02 (80 0147).

Připravené zkušební vzorky a standardy byly překryté prvním typem masky, upevněné v patronách umístěny do zkušebního zařízení XENOTEST 440 firmy ATLAS (obr. 32). Vzorky byly vystaveny po dobu 6 hodin intenzitě záření 42 W/m^2 a dávce ozáření 906 kJ/m^2 . Po skončení procesu se ještě dvakrát vyměnil jiný typ masky a testování se opakovalo. Výsledná doba ozáření byla tedy 6, 12 a 18 hodin.

Ozářené vzorky byly naměřeny pomocí přístroje spektrofotometr Microflash 45 IR od firmy Datacolor International. Dále pak zpracovány a vyhodnoceny v programu Microsoft Excel.



Obr. 32 Přístroj Xenotest 440



Obr. 33 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou

Tab. 15 Hodnoty L^* a^* b^* – změny odstínu – černá

| ČERNÁ | záření | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|--------------|------|----------|----------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 20,38 | 0,51 | -0,15 | 0,90 | 0,15 | 0,89 | 0,91 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 20,71 | 0,85 | -0,38 | 1,31 | 0,45 | 1,29 | 1,34 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 20,75 | 0,68 | -0,64 | 1,39 | 0,23 | 1,37 | 1,40 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 22,37 | 0,54 | 0,37 | 2,93 | 0,93 | 2,88 | 2,99 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 20,59 | 0,02 | 0,45 | 1,33 | 0,54 | 1,30 | 1,36 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 21,77 | 4,40 | 0,65 | 4,60 | 0,27 | 4,58 | 4,62 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 21,74 | 4,78 | 0,26 | 4,86 | 0,32 | 4,84 | 4,88 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 21,56 | 4,53 | 0,17 | 4,56 | 0,28 | 4,54 | 4,58 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 22,76 | 4,40 | 0,84 | 5,19 | 0,28 | 5,18 | 5,21 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 21,20 | 3,60 | 0,80 | 3,67 | 0,29 | 3,65 | 3,69 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 25,16 | 5,64 | 1,42 | 7,82 | 0,49 | 7,79 | 7,85 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 25,19 | 5,97 | 1,42 | 8,06 | 0,71 | 8,01 | 8,10 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 24,78 | 5,23 | 1,20 | 7,23 | 0,31 | 7,21 | 7,25 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 25,72 | 5,26 | 1,91 | 8,11 | 0,31 | 8,09 | 8,13 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 23,59 | 4,81 | 1,75 | 6,25 | 0,38 | 6,23 | 6,27 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 28,95 | 6,84 | 2,34 | 11,67 | 1,17 | 11,60 | 11,74 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 29,10 | 6,85 | 2,33 | 11,79 | 1,69 | 11,68 | 11,89 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 27,66 | 6,32 | 2,32 | 10,34 | 0,99 | 10,28 | 10,40 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 29,16 | 6,18 | 2,74 | 11,59 | 0,81 | 11,54 | 11,64 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 26,73 | 5,13 | 2,52 | 9,00 | 0,66 | 8,96 | 9,04 |

2.5.5.1 Diskuze

Obrázek č. 33 znázorňuje graf změny barevné světlostlosti u nátisku termochromního pigmentu. Na grafu jsou uvedeny hodnoty barevné odchylky ΔE^* pro neozářený vzorek a následně i zvyšující se časy ozáření. Při použití různých koncentrací UV absorbéru nebylo dosaženo dostatečné ochrany pigmentů. V porovnání zeleného odstínu a černého postupně klesá barevná odchylka ΔE^* .

Neozářený vzorek označuje vzorek, který nebyl testovaný, ale obsahuje UV absorbér v koncentraci a hydrofobní úpravu.

V rozsahu doporučeného dávkování UV absorbéru výrobcem nebylo možné z dosažených výsledků určit nejlépe fungující koncentraci. Vzorky byly ozařovány spolu s modrými vlněnými standardy. Pro běžné oděvní textilie je vyžadována stálost na světle alespoň na stupni 3. Po celkovém čase ozařování 18 hodin došlo k narušení stupně 5. Červený vlhkostní vzorek nebyl během testování ovlivněn.

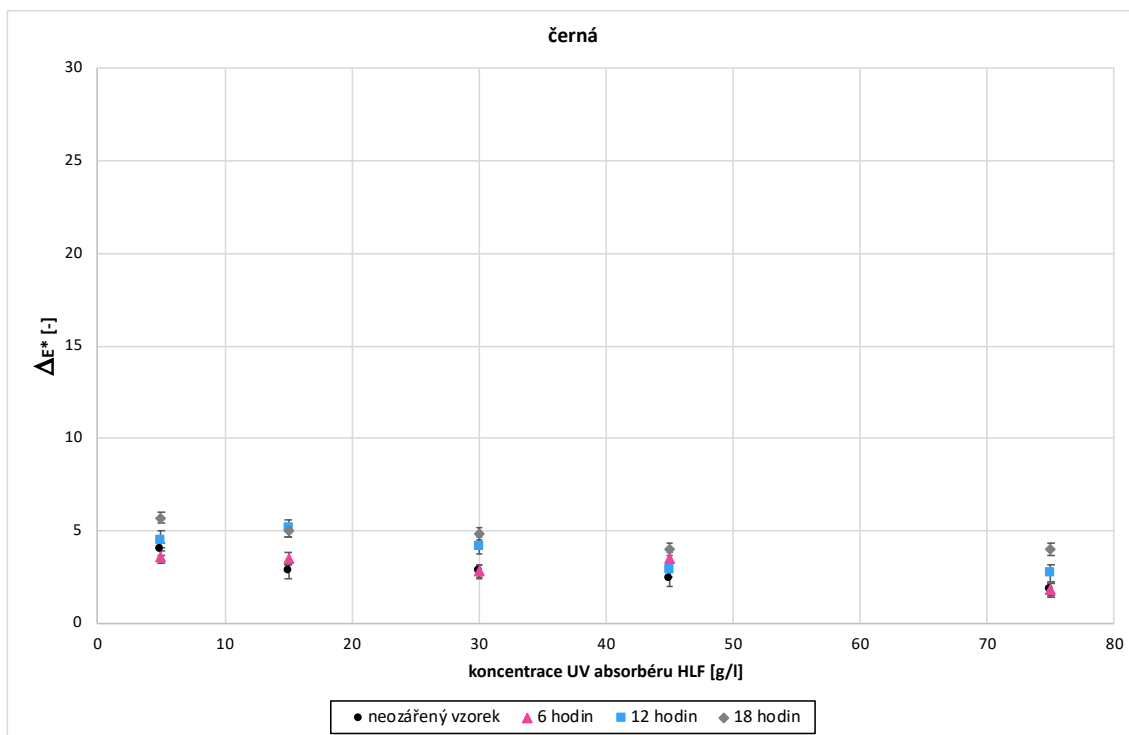
2.5.6 Příprava vzorků technologie II.

Po zpracování předchozích dat bylo ve výsledku zjištěno, že zvyšování koncentrace UV absorbéru je konstantní a UV absorbér degraduje. Vlivem světla vlnové délky 380-700 nm dochází k degradaci celého systému, která se mimo jiné projevuje i na narušení chromogenního systému. Vzhledem k technologii I., kdy hydrofobní složka byla součástí tiskařské pasty a nanášení vrstvy UV absorbéru pomocí fuláru bylo z následně provedených zkoušek stálosti zjištěno, že vlivem odmačku nedošlo k nanesení požadované vrstvy UV absorbéru. Na základě těchto výsledků byla zpracována další technologie přípravy vzorků s označením technologie II.

Jednotlivé odstíny termochromních pigmentů byly znovu natisknuty a zafixovány na 120 °C po dobu 3 minut. Koncentrační řada UV absorbéru HLF se v kombinaci s PHOBOL® XAN nanasla sítotiskem v akrylátové zahušťce (složení akrylátový zahušťky viz Tab. 2). Takto připravené vzorky se zafixovaly v horkovzdušné sušárně při 150 °C. po dobu 5 minut. Následně se zopakovala zkouška stálobarevnosti na umělém světle za stejných podmínek jako u předchozí technologie. Ozářené vzorky byly ještě kromě obrazové analýzy měřeny pomocí spektrofotometru s označením Microflash 45 IR firmy Datacolor. Tento měřicí přístroj umožňuje přesné měření v rozsahu vlnových délek 380- 1100 nm. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce níže a na obr. 35.



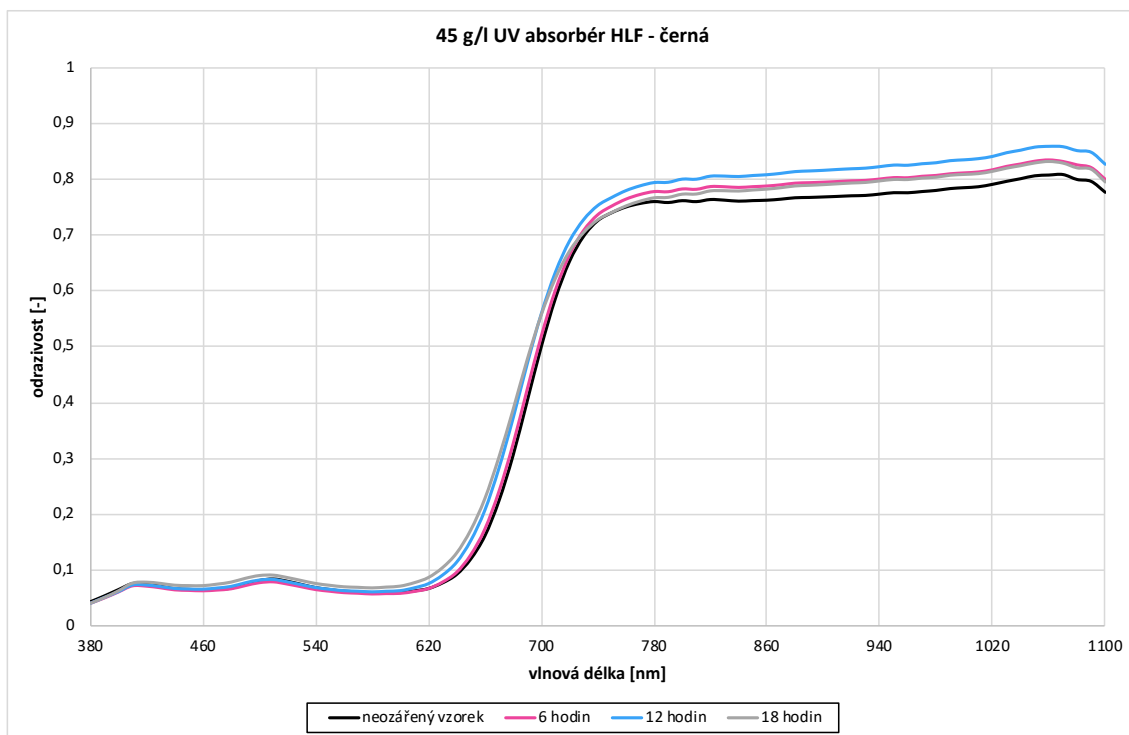
Obr. 34 Spektrofotometr Microflash 45 IR s měřicí geometrií 0:45



Obr. 35 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou

Tab. 16 Hodnoty L^* a^* b^* – změny odstínu – černá

| ČERNÁ | záření | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|--------------|------|----------|----------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 16,48 | 2,79 | -1,43 | 4,00 | 0,68 | 3,96 | 4,04 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 17,32 | 2,22 | -0,42 | 2,79 | 0,64 | 2,75 | 2,83 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 17,97 | 2,32 | -1,58 | 2,79 | 0,62 | 2,75 | 2,83 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 18,67 | 1,16 | -2,23 | 2,37 | 0,71 | 2,33 | 2,41 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 20,41 | 1,92 | 0,41 | 1,79 | 0,62 | 1,75 | 1,83 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 17,60 | 3,45 | -0,87 | 3,59 | 0,74 | 3,54 | 3,64 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 17,30 | 3,02 | -1,05 | 3,47 | 0,75 | 3,42 | 3,51 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 20,80 | 2,79 | -1,11 | 2,84 | 0,80 | 2,79 | 2,88 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 20,00 | 2,74 | -2,73 | 3,50 | 0,65 | 3,46 | 3,54 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 20,10 | 2,16 | -0,30 | 1,79 | 0,66 | 1,75 | 1,83 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 19,62 | 4,88 | 0,92 | 4,51 | 0,27 | 4,50 | 4,53 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 18,60 | 5,55 | -0,44 | 5,15 | 0,38 | 5,12 | 5,17 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 21,74 | 3,81 | -1,32 | 4,20 | 0,37 | 4,17 | 4,22 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 20,41 | 3,05 | -1,18 | 2,93 | 0,41 | 2,90 | 2,95 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 21,56 | 2,25 | -0,06 | 2,73 | 0,18 | 2,72 | 2,74 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 21,27 | 5,61 | 1,66 | 5,71 | 0,93 | 5,65 | 5,76 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 20,64 | 5,19 | 0,99 | 4,96 | 0,58 | 4,93 | 5,00 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 21,49 | 4,88 | -0,08 | 4,84 | 0,70 | 4,79 | 4,88 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 21,37 | 3,99 | -0,30 | 3,99 | 0,46 | 3,96 | 4,02 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 21,93 | 3,58 | 0,65 | 4,02 | 0,38 | 3,99 | 4,04 |



Obr. 36 Graf – Výsledky měření odrazivosti pro vybranou koncentraci 45 g/l UV absorbéru HLF

2.5.6.1 Diskuze

Obrázek č. 35 znázorňuje změnu barevné stálosti u nátisku termochromního pigmentu. Byl vybrán černá odstín, kvůli viditelné změně výsledků mezi technologií I. a II. Na grafu jsou uvedeny barevné odchylky ΔE^* pro neozářený vzorek (*neozářený vzorek* označuje vzorek, který nebyl testovaný, ale obsahuje UV absorbér v koncentraci a hydrofobní úpravu) a následně i zvyšující se časy ozáření. U světlých odstínů je ochrana UV absorbérem nedostatečná, protože jsou tyto odstíny náchylnější na světlo. Naopak stálejšími odstíny vůči působení světla jsou hnědá a černá.

Nejmenší barevné odchylky bylo dosaženo u koncentrace UV absorbéru 45 g/l, který byl na základě těchto hodnot vybrán jako vyhovující.

Spektrofotometr Microflash 45 IR umožňuje přesné měření v rozsahu vlnových délek 380-1100 nm. Výsledky tohoto měření jsou graficky zpracovány pro vybranou koncentraci 45 g/l na Obr. 36 pro černý odstín. Ostatní odstíny jsou zobrazeny v Příloze č. 7.

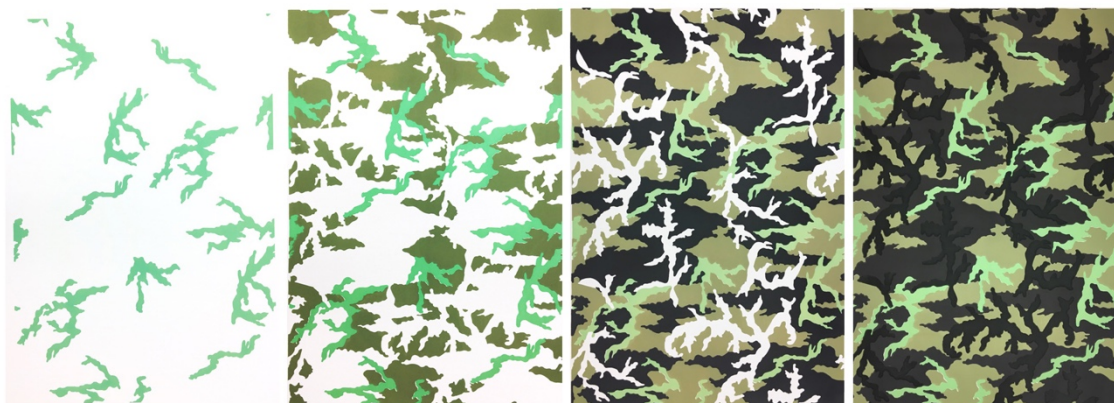
2.6 Výsledný soutisk kamuflážního vzoru 95

Na základě vhodných receptur a vybrané výsledné technologie byla s použitím sítotisku vyvzorována vojenská termochromní kamufláž vzoru 95 s barevnou změnou lesní – písková. Z dostupných kamuflážních vzorů byly nejprve upraveny šablony v programu Adobe Illustrator CC pro jednotlivé barvy. Při zpracování šablon byla důležitá přesnost pro výsledný soutisk. Následně byla vyrobena čtyři síta o rozměrech 62x90. Průtlačný tisk neboli sítotisk je základní grafická technika, každý tisk je považován za originál. Princip tisku spočívá v protlačení barvy propustnými místy připravené šablony pomocí gumové těrky.

Průběh soutisku českého kamuflážního vzoru 95 na doprovodnou textilií je zobrazen na Obr. 37. Následoval přetisk pouštní kamuflážní textilie s béžovým potiskem termochromními pigmenty na kamufláž lesní se zeleným potiskem. U této varianty se při úplném odbarvení ve větší ploše projevil lehký mléčný zákal. V důsledku vzniku mléčného zákalu se zvyšuje světlost jednotlivých barevných odstínů. K potlačení tohoto nežádoucího jevu bylo do finální povrchové úpravy přidáno 0,5 g/l pigmentu Bezaprint v černém odstínu.

Další barevnou termochromní variantou je městská kamufláž se změnou urban – písková (Obr. 39) a urban – lesní (Obr. 40).

Z důvodu zpožděného dodání pouštní kamuflážní textilie s béžovým potiskem bude realizovaná kamuflážní uniforma s termochromním potiskem prezentována u ústní obhajoby této diplomové práce.



Obr. 37 Soutisk českého kamuflážního vzoru 95 se zeleným potiskem



Obr. 38 Vojenská termochromní kamufláž se změnou lesní – písková



Obr. 39 Vojenská termochromní kamufláž se změnou urban – písková



Obr. 40 Vojenská termochromní kamufláž se změnou urban – lesní

Závěr

Jedním z cílů diplomové práce bylo vyvzorovat český vojenský kamuflážní vzor 95, který se vlivem tepla mění ze zeleného potisku na béžový. Pro jednotlivé barvy lesního kamuflážního vzoru byly zpracovány receptury na základě dostupných barevných odstínů termochromních pigmentů. Také byla zpracována barevná varianta pro městský kamuflážní vzor. Z dosažených výsledků je zřejmé, že textilie měnící svou barvu, potažmo vzor představují potenciální směr vývoje nových typů vojenských uniforem s adaptivní kamufláží.

Práce se zabývá testováním vybraných zkoušek stálobarevnosti termochromních pigmentů pro vojenskou kamuflážní textilií po aplikaci ochrany UV absorbéru a hydrofobní vrstvy. Tyto zkoušky se měřily pomocí obrazové analýzy s předpřipraveným skriptem používaným laboratoří LCAM v programu Matlab. Pomocí naměřených hodnot $L^*a^*b^*$ a zpracovaných barevných odchylek ΔE^* byla zjišťována odolnost termochromních pigmentů vůči zkouškám stálobarevnosti.

Podle zpracovaných hodnot zkoušek stálobarevnosti bylo zjištěno, že použitá technologie nanášení UV absorbéru a hydrofobní úpravy přes fulár není vyhovující. Je potřebné nanášet tyto finální úpravy pouze na povrch potisknuté textie v akrylátové záhustce technologií sítotisku. Kvůli nedostatku termochromních pigmentů byla touto technologií vyzkoušena pouze stálobarevnost na umělém světle. U světlých odstínů je ochrana UV absorbérem nedostatečná, protože jsou tyto odstíny náchylnější na světlo. Naopak stálejšími odstíny vůči působení světla jsou hnědá a černá. Na základě výsledků zkoušky byl vybrán UV absorbér s označením HLF v poměru 45 g/l.

V úvahu by se mohla brát varianta sítotisku na bílou textilií se stejným materiálovým složením a ve stejné vazbě jako jsou kamuflážní textilie. Termochromní receptury se po odbarvení přibližují svými barvami pouštnímu stejnokroji. V tomto případě by bylo však nutné počítat s úpravou receptur s ohledem na bílý substrát. Pro černý termochromní pigment bych doporučila potlačit mléčný zákal, který se vytvoří po zahřátí, permanentním pigmentem.

Průběžné výsledky experimentální části byly prezentovány na World Textile Conference AUTEX 2018 v Istanbulu konané ve dnech 20. a 22. června 2018.

Realizovaná kamuflážní uniforma s termochromním potiskem (s barevnou změnou lesní – písková) bude prezentována u ústní obhajoby této diplomové práce.

Další studie termochromních pigmentů pro kamuflážní textilii by mohla být zaměřena na opakování vybraných zkoušek stálobarevnosti této práce s použitím navrhnuté technologie II. přípravy vzorků. Dále pak měření kolorimetrických parametrů po odbarvení například v klimatické komoře a prodyšnost textilie po aplikaci termochromních pigmentů společně s hydrofobní vrstvou.

Použitá literatura

- [1] Viková M., a kol.: Textilní senzory, Průběžná zpráva k dílčímu projektu Speciální textilie. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2004
- [2] Bamfield P., Chromic phenomena – technological applications of colour chemistry. Cambridge: RSC, 2001
- [3] VIK, Michal. Základy měření barevnosti. Technická univerzita v Liberci, 1995. ISBN 80-7083-162-6.
- [4] Grafika [on line]. Dostupné z <http://www.fotoroman.cz/techniques3/svetlo10management.htm> [cit.2016-04-05]
- [5] Kohout, Václav. Fyzika kolem nás: Historie a elementární základy teorie barev III. [online]. Plzeň: Nakladatelství Fraus, s.r.o. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z: http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013_02_8.pdf
- [6] Vik, Michal. Měření barevnosti a vzhledu v průmyslové praxi. První. Liberec: VÚTS, a.s., 2015. ISBN 978-80-87184-64-6.
- [7] Grafika [on line]. Dostupné z: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html [cit.2016-04-04].
- [8] Vik, Michal. Měření Barevnosti a Vzhledu - Barevné odchylky. Technická univerzita v Liberci.
- [9] SANGWINE, S.J. a R.E.N. HORNE. The Colour Image Processing Handbook [online]. Chapman & Hall, 1998 [cit. 2018-10-26]. ISBN 0 412 80620 7 Dostupné z:https://books.google.cz/books?id=oEsZiCt5VOAC&pg=PA42&dq=%22tristimulus+colorimeter%22+OR+spectrocolorimeter&ei=__upR-P9J5O0yQTa3ZzdCA&ie=ISO-8859-1&sig=fQJn9ijlQT4b5vjeFIQpOqCkdNY&redir_esc=y&hl=cs#v=onepage&q&f=false
- [10] PANÁK, Ondrej. Měření barevnosti [online]. [cit. 2018-10-06]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/sites/default/files/public/luva3059/merenibarevnosti.pdf>
- [11] SCHANDA, János. COLORIMETRY: Understanding the CIE System [online]. Wiley, 2007 [cit. 2018-10-26]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Colorimetry-Understanding-System-Janos-Schanda/dp/0470049049>
- [12] Visingr L., Digitální kamufláž, Světová revoluce v maskování.

- [13] Viková, Martina a Michal Vik. *Rešeršní práce pro Gumotex a.s.: Část 1.* Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní.
- [14] Šlaichrt, Martin. *Trocha teorie o tom, jak vytvořit digitální maskování* [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z: <http://www.takticka-malorazka.cz/teorie/tm-teorie-jak-vytvorit-digital-camo>
- [15] GROHMANN, Jan. *Maskovací vzor 95 – část 1.*[online]. 14.11.2014 [cit. 2018-09-25]. Dostupné z: <http://www.armadninoviny.cz/maskovaci-vzor-95.html>
- [16] *Polní a speciální výstroj Armády České republiky.* Brno: Ministerstvo obrany České republiky - agentura vojenských informací a služeb, 2003. ISBN 80-7278-185-5.
- [17] UHER, Michal. *Maskovací vzor 95 – vlastnosti - část 2.*[online]. 10.12.2014 [cit. 2018-09-25]. Dostupné z: <http://www.armadninoviny.cz/maskovaci-vzor-95-vlastnosti-cast-2-.html>
- [18] Viková, Martina. *Kolorimetrie funkčních barviv.* Technická univerzita v Liberci, Liberec, 2009.
- [19] Grafika [on line]. Dostupné z: <http://www.miminiki.cz/produkt/set-lzicek-na-cesty-s-indikatorem-vysoke-teploty-pokrmu-ruzovazelena-2-kusy-brother-max/> [cit.2016-05-07]
- [20] Grafika [on line]. Dostupné z: <http://www.pivovary-staropramen.cz/cs/pro-media/> [cit.2016-05-07]

Seznam příloh

| | |
|---|-------|
| Příloha č. 1 – Stálobarevnost v otěru | I |
| Příloha č. 2 – Stálobarevnost v potu – kyselý roztok | VI |
| Příloha č. 3 – Stálobarevnost v potu – alkalický roztok | XI |
| Příloha č. 4 – Stálobarevnost v domácím a komerčním praní | XVI |
| Příloha č. 5 – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou – technologie I. | XXI |
| Příloha č. 6 – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou – technologie II. | XXIV |
| Příloha č. 7 – Výsledky měření odrazivosti | XXVII |
| Příloha č. 8 – Stálobarevnost v otěru-PEX | CD |
| Příloha č. 9 – Stálobarevnost v potu – kyselý a alkalický roztok-PEX | CD |
| Příloha č. 10 – Stálobarevnost v domácím a komerčním praní-PEX | CD |
| Příloha č. 11 – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou PEX | CD |

Příloha č. 1 – Stálobarevnost v otěru

Tab. 1 Hodnoty $L^* a^* b^*$ – změny odstínu – tmavě zelená, hnědá, černá

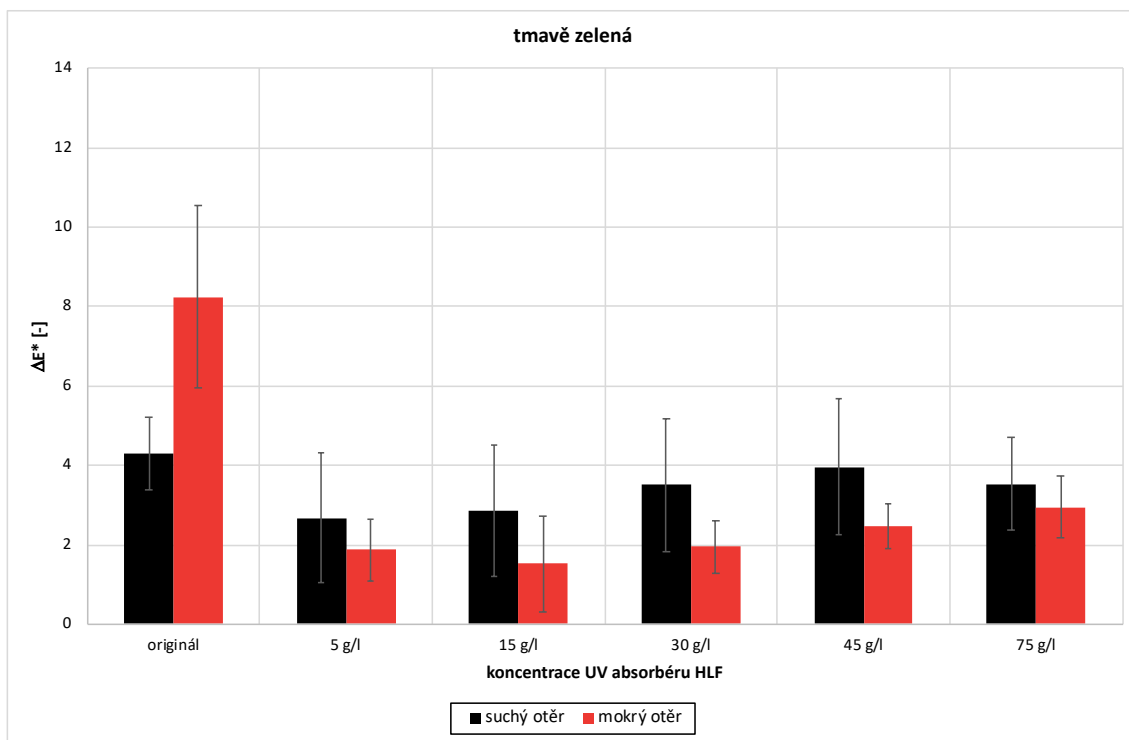
| SUCHÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 40,30 | -5,99 | 8,47 | 4,29 | 0,91 | 4,23 | 4,34 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 41,42 | -6,90 | 8,40 | 2,67 | 1,63 | 2,57 | 2,77 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 40,60 | -6,19 | 9,49 | 2,87 | 1,66 | 2,76 | 2,97 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 40,36 | -6,43 | 8,79 | 3,51 | 1,66 | 3,40 | 3,61 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 42,66 | -6,41 | 9,50 | 3,97 | 1,73 | 3,86 | 4,08 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 42,89 | -5,27 | 7,91 | 3,53 | 1,16 | 3,46 | 3,60 |
| originál hnědá | 21,69 | 0,91 | -2,71 | 1,66 | 0,49 | 1,62 | 1,69 |
| 5g/l HLF hnědá | 22,88 | 0,88 | -2,55 | 3,75 | 1,07 | 3,68 | 3,82 |
| 15g/l HLF hnědá | 22,10 | 0,49 | -1,92 | 3,52 | 0,88 | 3,47 | 3,58 |
| 30g/l HLF hnědá | 22,08 | 0,89 | -1,83 | 3,46 | 0,77 | 3,41 | 3,50 |
| 45g/l HLF hnědá | 21,34 | 0,93 | -2,07 | 2,40 | 0,70 | 2,36 | 2,45 |
| 75g/l HLF hnědá | 25,06 | 1,04 | -1,97 | 4,05 | 0,43 | 4,02 | 4,07 |
| originál černá | 22,22 | 0,53 | -0,11 | 4,68 | 2,70 | 4,51 | 4,84 |
| 5g/l HLF černá | 21,74 | 0,56 | -0,09 | 3,88 | 1,91 | 3,76 | 4,00 |
| 15g/l HLF černá | 21,78 | 0,34 | 0,65 | 3,97 | 2,22 | 3,83 | 4,10 |
| 30g/l HLF černá | 21,73 | 0,59 | 0,81 | 3,92 | 1,63 | 3,81 | 4,02 |
| 45g/l HLF černá | 22,82 | 0,61 | 0,33 | 3,83 | 2,31 | 3,69 | 3,97 |
| 75g/l HLF černá | 25,00 | 1,31 | -0,27 | 4,80 | 1,28 | 4,72 | 4,88 |

| MOKRÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 45,15 | -7,46 | 10,22 | 8,24 | 2,29 | 8,10 | 8,38 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 40,63 | -7,15 | 8,55 | 1,87 | 0,77 | 1,83 | 1,92 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 40,54 | -7,22 | 9,48 | 1,52 | 1,21 | 1,44 | 1,59 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 39,17 | -7,61 | 9,20 | 1,96 | 0,66 | 1,92 | 2,00 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 41,46 | -7,91 | 9,43 | 2,47 | 0,57 | 2,44 | 2,51 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 42,57 | -6,81 | 7,65 | 2,95 | 0,78 | 2,90 | 3,00 |
| originál hnědá | 29,44 | 0,94 | -0,87 | 9,49 | 2,72 | 9,32 | 9,66 |
| 5g/l HLF hnědá | 26,34 | 0,90 | -1,26 | 7,33 | 0,93 | 7,27 | 7,38 |
| 15g/l HLF hnědá | 25,26 | 0,76 | -1,27 | 6,75 | 1,20 | 6,67 | 6,82 |
| 30g/l HLF hnědá | 24,69 | 0,93 | -1,35 | 6,09 | 1,03 | 6,03 | 6,16 |
| 45g/l HLF hnědá | 24,61 | 0,52 | -1,13 | 5,68 | 1,33 | 5,60 | 5,76 |
| 75g/l HLF hnědá | 27,09 | 1,67 | -1,32 | 6,19 | 0,91 | 6,14 | 6,25 |
| originál černá | 22,22 | -0,04 | 0,13 | 4,67 | 5,60 | 5,32 | 6,02 |
| 5g/l HLF černá | 21,88 | 0,67 | 0,06 | 4,02 | 2,07 | 3,90 | 4,15 |
| 15g/l HLF černá | 21,86 | 0,67 | 0,57 | 4,04 | 2,91 | 3,86 | 4,22 |
| 30g/l HLF černá | 22,17 | 0,62 | 0,77 | 4,34 | 1,86 | 4,22 | 4,45 |
| 45g/l HLF černá | 22,86 | 0,77 | 0,19 | 3,88 | 2,82 | 3,70 | 4,05 |
| 75g/l HLF černá | 25,45 | 0,89 | 0,51 | 5,25 | 2,33 | 5,10 | 5,39 |

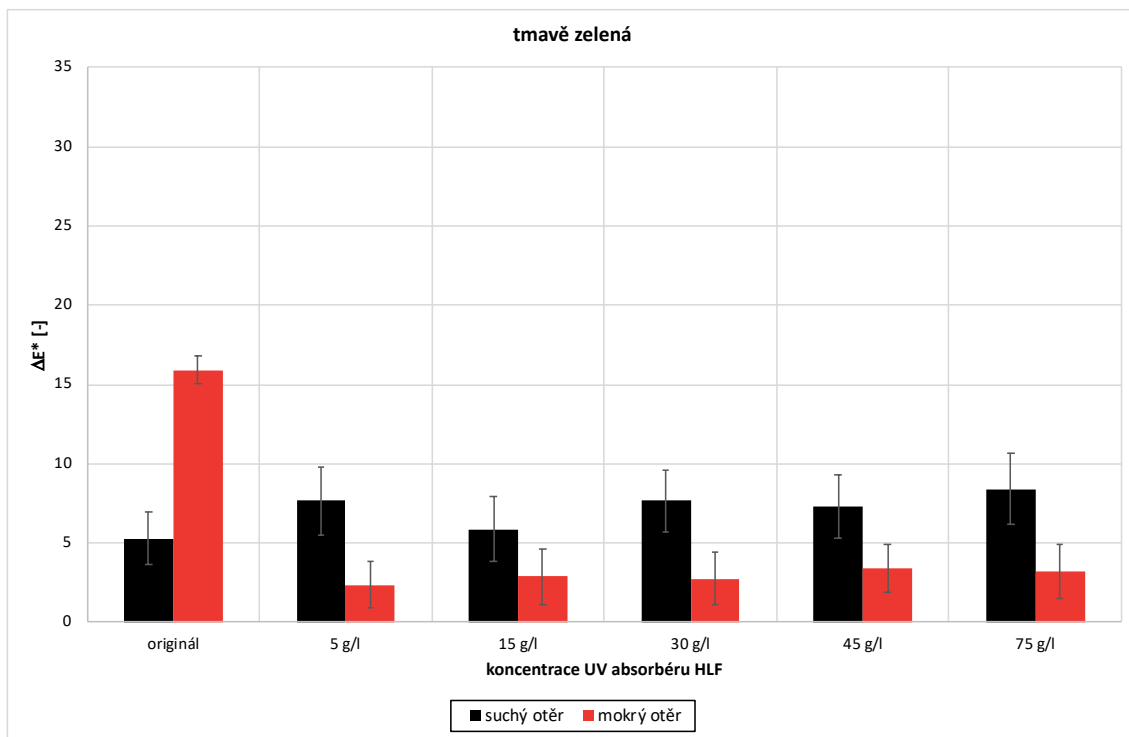
Tab. 2 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – zapouštění – tmavě zelená, hnědá, černá

| SUCHÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 70,33 | -2,20 | 6,22 | 5,28 | 1,65 | 5,18 | 5,39 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 68,20 | -2,75 | 8,06 | 7,68 | 2,14 | 7,55 | 7,81 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 69,05 | -1,96 | 6,57 | 5,86 | 2,03 | 5,73 | 5,98 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 67,90 | -2,39 | 7,98 | 7,64 | 1,98 | 7,52 | 7,77 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 67,94 | -2,28 | 7,65 | 7,31 | 2,02 | 7,19 | 7,44 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 67,65 | -2,41 | 8,72 | 8,41 | 2,26 | 8,27 | 8,55 |
| originál hnědá | 66,27 | 0,19 | 4,17 | 5,71 | 1,39 | 5,62 | 5,79 |
| 5g/l HLF hnědá | 65,36 | 0,47 | 4,16 | 6,52 | 1,27 | 6,44 | 6,60 |
| 15g/l HLF hnědá | 65,87 | -0,08 | 4,04 | 5,93 | 1,39 | 5,84 | 6,02 |
| 30g/l HLF hnědá | 63,79 | 0,23 | 3,99 | 7,82 | 1,24 | 7,74 | 7,89 |
| 45g/l HLF hnědá | 65,35 | 0,52 | 4,12 | 6,52 | 1,40 | 6,43 | 6,61 |
| 75g/l HLF hnědá | 64,33 | 1,00 | 4,28 | 7,58 | 0,91 | 7,53 | 7,64 |
| originál černá | 68,68 | -1,58 | 3,91 | 3,66 | 2,06 | 3,53 | 3,79 |
| 5g/l HLF černá | 68,63 | -1,03 | 3,59 | 3,40 | 1,70 | 3,29 | 3,50 |
| 15g/l HLF černá | 69,30 | -1,36 | 3,87 | 3,23 | 1,64 | 3,13 | 3,34 |
| 30g/l HLF černá | 69,34 | -1,54 | 3,66 | 3,07 | 2,26 | 2,93 | 3,21 |
| 45g/l HLF černá | 68,60 | -1,35 | 3,38 | 3,29 | 1,91 | 3,17 | 3,41 |
| 75g/l HLF černá | 68,52 | -1,49 | 3,26 | 3,30 | 2,06 | 3,17 | 3,43 |

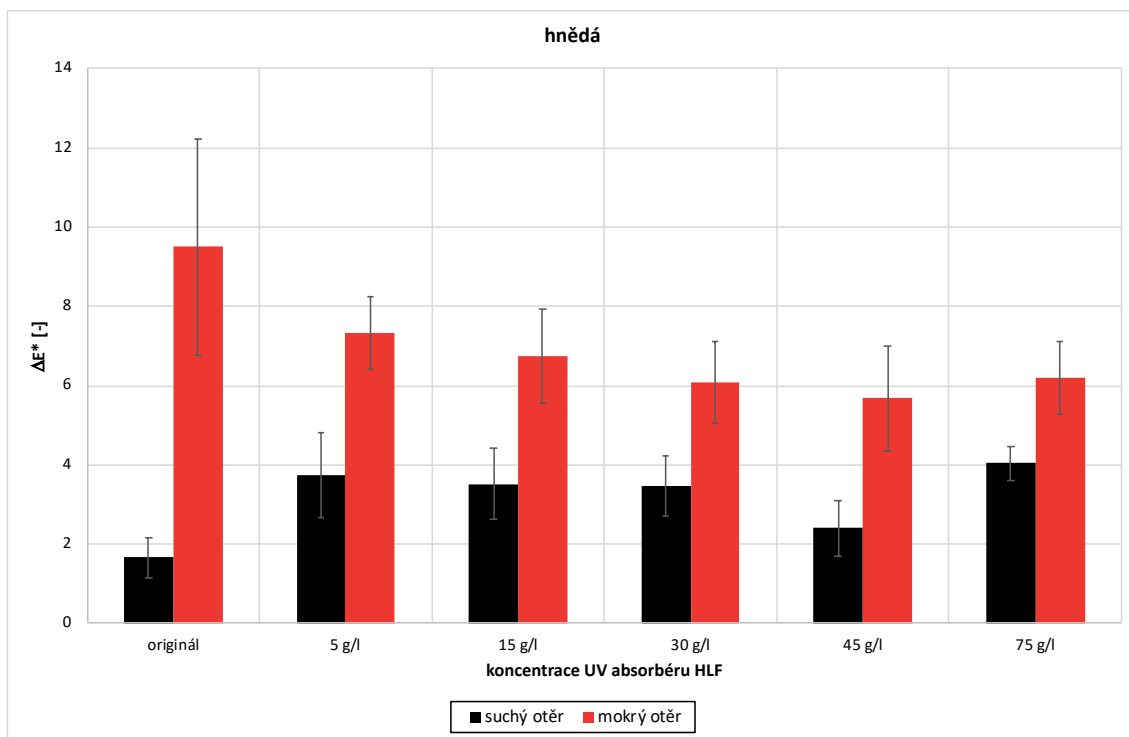
| MOKRÝ OTĚR | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 61,06 | -6,15 | 12,41 | 15,90 | 0,89 | 15,85 | 15,96 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 70,05 | -1,42 | 3,26 | 2,37 | 1,47 | 2,28 | 2,46 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 69,76 | -1,64 | 3,64 | 2,88 | 1,76 | 2,77 | 2,99 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 69,77 | -1,61 | 3,52 | 2,75 | 1,69 | 2,65 | 2,86 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 69,31 | -1,98 | 3,87 | 3,38 | 1,53 | 3,28 | 3,47 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 70,09 | -1,52 | 4,12 | 3,17 | 1,71 | 3,07 | 3,28 |
| originál hnědá | 42,47 | -0,32 | 1,18 | 28,51 | 1,76 | 28,40 | 28,62 |
| 5g/l HLF hnědá | 54,27 | 0,55 | 3,46 | 16,92 | 0,42 | 16,90 | 16,95 |
| 15g/l HLF hnědá | 56,26 | 0,99 | 3,52 | 15,03 | 0,84 | 14,97 | 15,08 |
| 30g/l HLF hnědá | 55,66 | 0,42 | 3,04 | 15,50 | 1,07 | 15,43 | 15,56 |
| 45g/l HLF hnědá | 52,59 | 1,18 | 2,98 | 18,60 | 0,63 | 18,56 | 18,64 |
| 75g/l HLF hnědá | 46,79 | 1,47 | 2,85 | 24,37 | 1,60 | 24,27 | 24,47 |
| originál černá | 48,00 | -1,92 | 3,45 | 23,12 | 1,96 | 22,99 | 23,24 |
| 5g/l HLF černá | 61,01 | -2,00 | 3,77 | 10,36 | 0,52 | 10,33 | 10,40 |
| 15g/l HLF černá | 58,36 | -2,29 | 4,14 | 13,04 | 0,81 | 12,99 | 13,09 |
| 30g/l HLF černá | 57,78 | -2,34 | 3,53 | 13,49 | 0,49 | 13,46 | 13,52 |
| 45g/l HLF černá | 60,69 | -2,07 | 3,80 | 10,69 | 0,39 | 10,66 | 10,71 |
| 75g/l HLF černá | 56,06 | -1,57 | 3,90 | 15,19 | 0,97 | 15,13 | 15,25 |



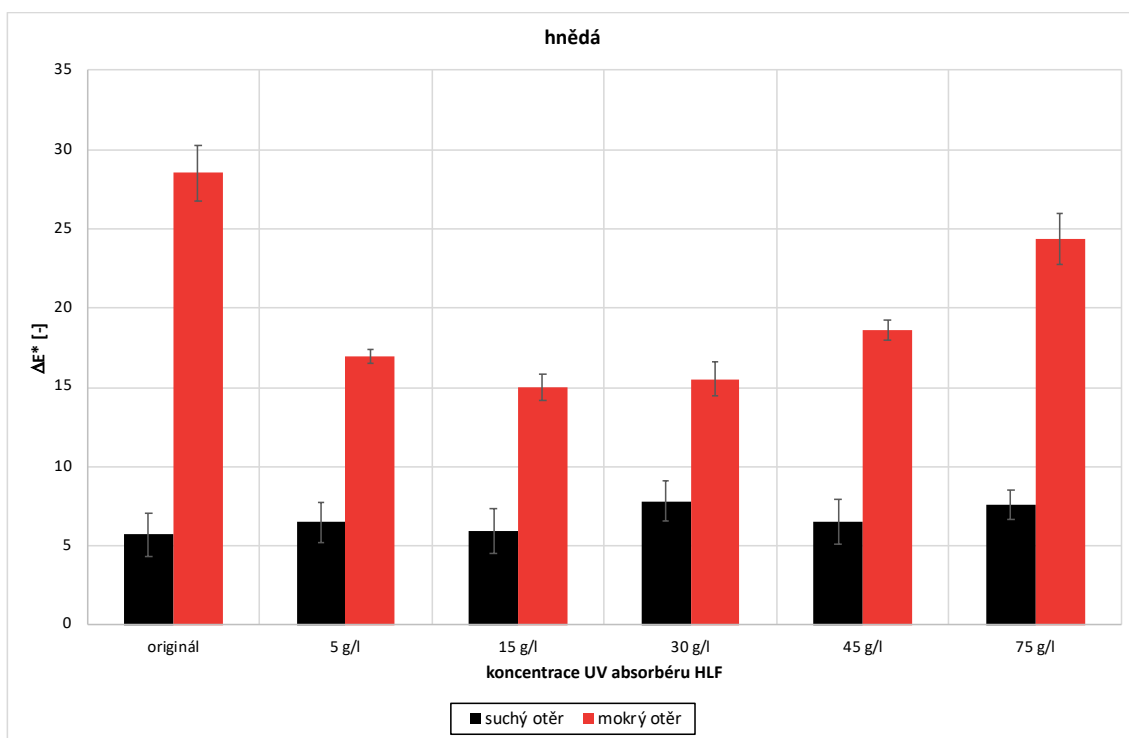
Obr. 1 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru



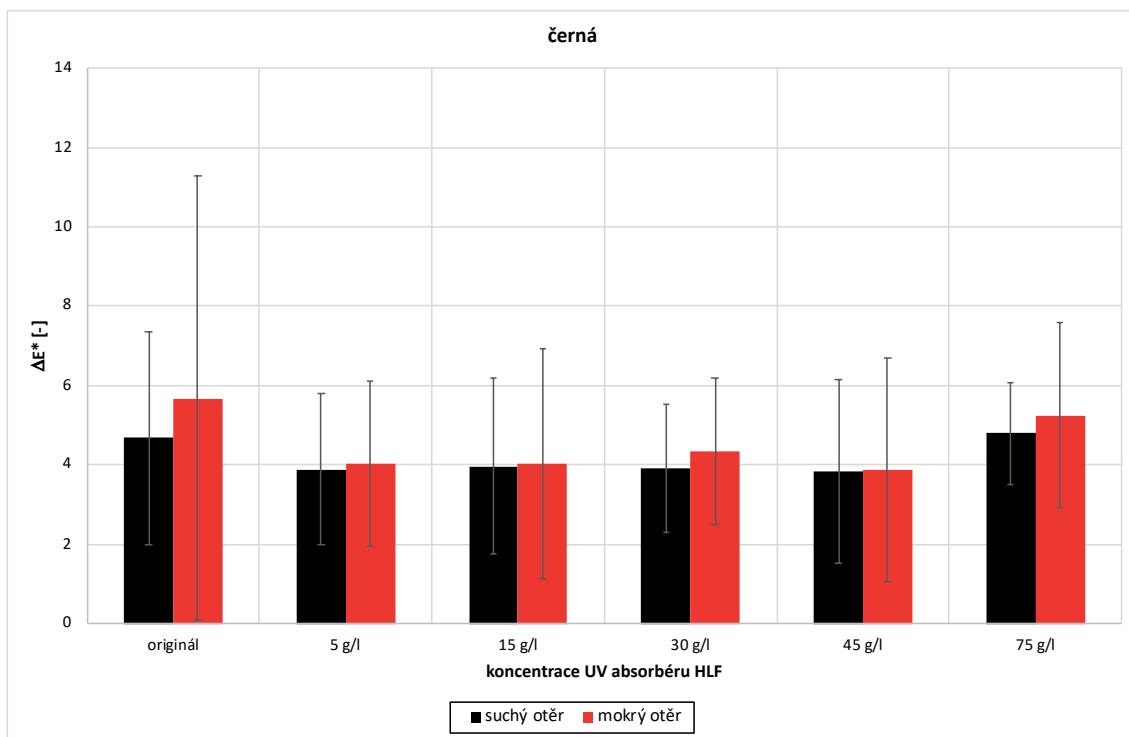
Obr. 2 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru



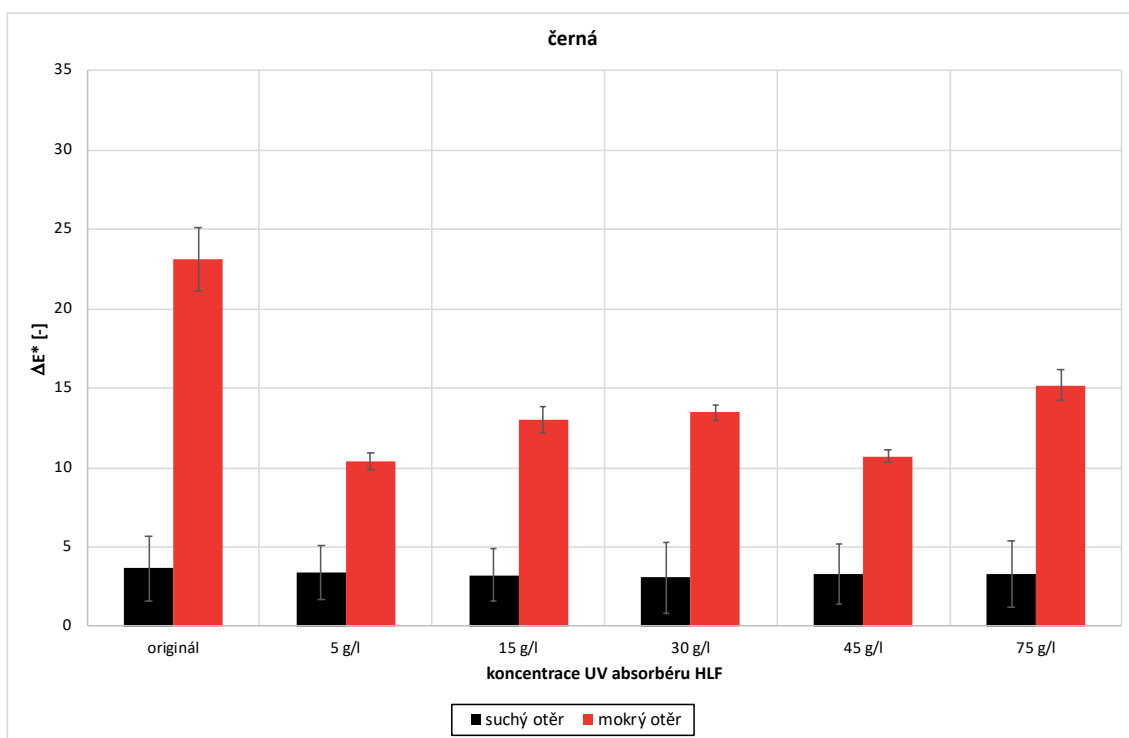
Obr. 3 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru



Obr. 4 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru



Obr. 5 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru



Obr. 6 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v otěru

Příloha č. 2 – Stálobarevnost v potu – kyselý roztok

Tab. 3 Hodnoty $L^* a^* b^*$ – změny odstínu – tmavě zelená, hnědá, černá

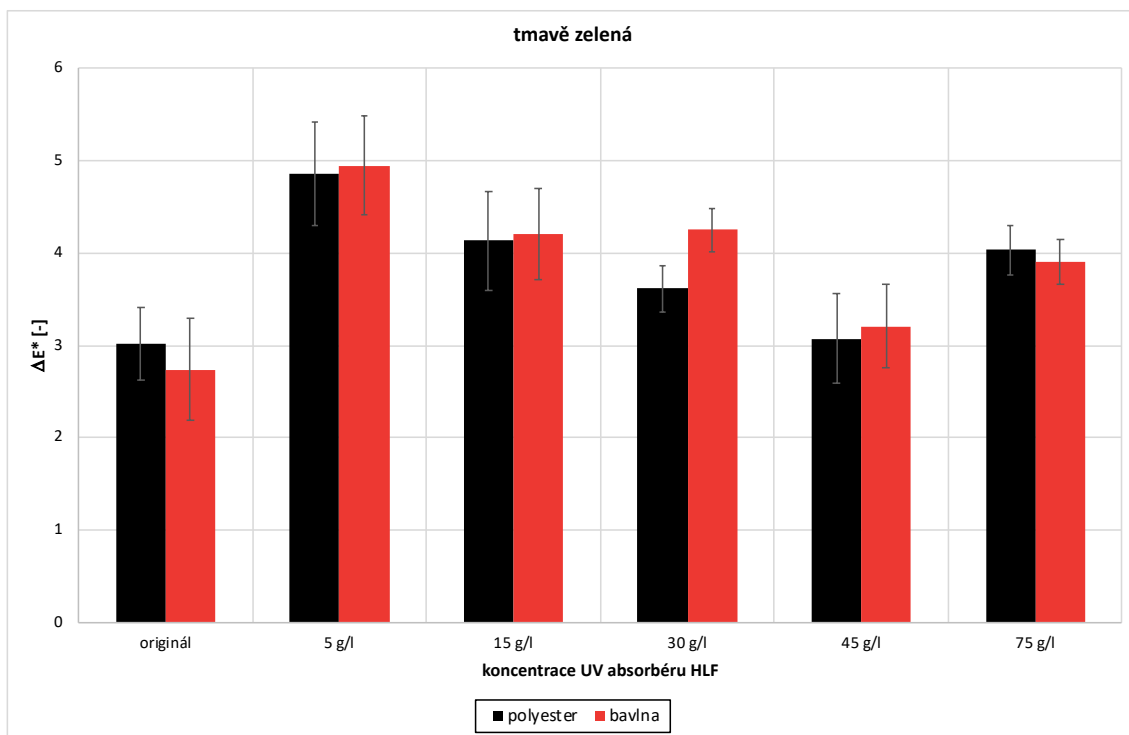
| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| originál tmavě zelená | 34,16 | -8,27 | 8,59 | 3,01 | 0,39 | 2,99 | 3,04 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 34,41 | -7,78 | 8,89 | 4,86 | 0,55 | 4,82 | 4,89 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 34,52 | -7,42 | 8,53 | 4,13 | 0,53 | 4,10 | 4,16 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 34,11 | -7,74 | 8,29 | 3,61 | 0,25 | 3,60 | 3,63 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 36,97 | -7,00 | 8,55 | 3,07 | 0,48 | 3,04 | 3,10 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 35,70 | -7,23 | 8,31 | 4,03 | 0,27 | 4,02 | 4,05 |
| originál hnědá | 18,29 | 0,47 | -2,30 | 1,84 | 0,19 | 1,83 | 1,85 |
| 5g/l HLF hnědá | 17,26 | 0,26 | -2,65 | 1,91 | 0,29 | 1,89 | 1,93 |
| 15g/l HLF hnědá | 17,27 | 0,61 | -2,53 | 1,39 | 0,11 | 1,38 | 1,40 |
| 30g/l HLF hnědá | 17,52 | 0,36 | -2,49 | 1,20 | 0,13 | 1,19 | 1,21 |
| 45g/l HLF hnědá | 17,65 | 0,39 | -2,58 | 1,45 | 0,18 | 1,44 | 1,46 |
| 75g/l HLF hnědá | 18,85 | 0,46 | -2,59 | 2,24 | 0,58 | 2,21 | 2,28 |
| originál černá | 16,26 | 0,89 | -0,07 | 1,48 | 0,35 | 1,46 | 1,50 |
| 5g/l HLF černá | 16,53 | 0,86 | -0,10 | 1,38 | 0,24 | 1,37 | 1,40 |
| 15g/l HLF černá | 15,88 | 0,84 | -0,11 | 2,06 | 0,15 | 2,05 | 2,07 |
| 30g/l HLF černá | 16,62 | 0,73 | -0,07 | 1,28 | 0,15 | 1,27 | 1,29 |
| 45g/l HLF černá | 17,82 | 0,84 | -0,16 | 1,23 | 0,27 | 1,22 | 1,25 |
| 75g/l HLF černá | 17,10 | 0,89 | -0,48 | 3,17 | 0,20 | 3,15 | 3,18 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| originál tmavě zelená | 34,40 | -8,33 | 8,73 | 2,74 | 0,56 | 2,71 | 2,78 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 34,36 | -7,58 | 8,69 | 4,95 | 0,54 | 4,91 | 4,98 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 35,10 | -7,83 | 8,66 | 4,20 | 0,49 | 4,17 | 4,23 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 33,55 | -7,89 | 8,00 | 4,25 | 0,23 | 4,23 | 4,26 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 37,07 | -6,56 | 8,52 | 3,21 | 0,45 | 3,18 | 3,24 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 35,87 | -7,40 | 8,02 | 3,90 | 0,24 | 3,89 | 3,92 |
| originál hnědá | 18,32 | 0,19 | -1,74 | 1,98 | 0,18 | 1,97 | 1,99 |
| 5g/l HLF hnědá | 16,94 | 0,27 | -2,68 | 2,22 | 0,36 | 2,20 | 2,24 |
| 15g/l HLF hnědá | 16,95 | 0,34 | -2,28 | 1,65 | 0,06 | 1,65 | 1,66 |
| 30g/l HLF hnědá | 16,48 | 0,29 | -2,60 | 2,24 | 0,18 | 2,23 | 2,26 |
| 45g/l HLF hnědá | 17,23 | 0,29 | -2,52 | 1,83 | 0,23 | 1,82 | 1,85 |
| 75g/l HLF hnědá | 18,56 | 0,24 | -2,50 | 2,54 | 0,63 | 2,50 | 2,58 |
| originál černá | 16,34 | 0,71 | -0,27 | 1,34 | 0,43 | 1,31 | 1,36 |
| 5g/l HLF černá | 16,59 | 0,82 | -0,31 | 1,33 | 0,41 | 1,30 | 1,35 |
| 15g/l HLF černá | 16,93 | 1,10 | -0,25 | 1,22 | 0,28 | 1,20 | 1,24 |
| 30g/l HLF černá | 16,17 | 0,97 | -0,41 | 1,83 | 0,33 | 1,81 | 1,85 |
| 45g/l HLF černá | 18,21 | 0,53 | -0,23 | 0,84 | 0,17 | 0,83 | 0,85 |
| 75g/l HLF černá | 17,38 | 0,97 | -0,85 | 2,97 | 0,22 | 2,96 | 2,99 |

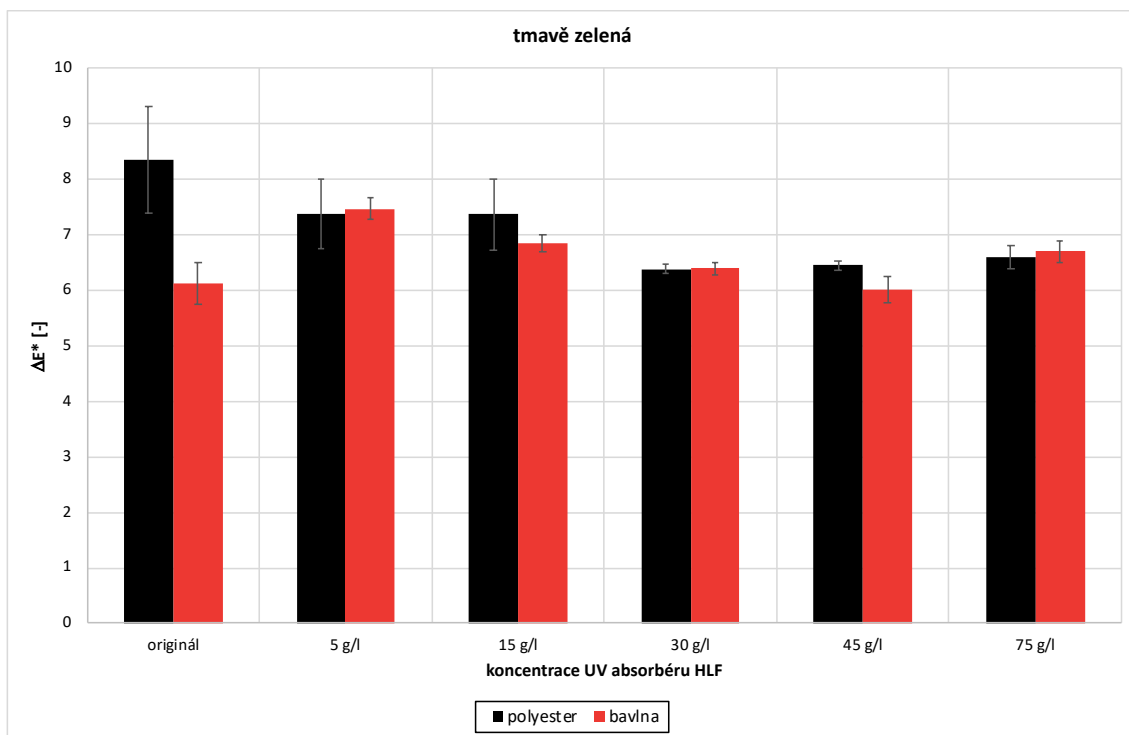
Tab. 4 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – zapouštění – tmavě zelená, hnědá, černá

| POLYESTER | L* | a* | b* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|----------|-----------------|-----------------|
| originál tmavě zelená | 62,79 | -2,16 | 4,24 | 8,35 | 0,96 | 8,29 | 8,41 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 63,77 | -2,15 | 4,10 | 7,38 | 0,62 | 7,34 | 7,42 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 63,79 | -2,11 | 4,14 | 7,37 | 0,64 | 7,33 | 7,41 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 64,79 | -2,13 | 4,01 | 6,38 | 0,08 | 6,38 | 6,39 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 64,63 | -2,20 | 3,68 | 6,45 | 0,08 | 6,45 | 6,45 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 64,47 | -2,16 | 3,71 | 6,60 | 0,21 | 6,59 | 6,62 |
| originál hnědá | 68,03 | -0,96 | 3,74 | 3,32 | 0,28 | 3,30 | 3,33 |
| 5g/l HLF hnědá | 68,33 | -0,96 | 3,66 | 3,03 | 0,30 | 3,01 | 3,04 |
| 15g/l HLF hnědá | 68,66 | -1,08 | 3,62 | 2,73 | 0,17 | 2,72 | 2,74 |
| 30g/l HLF hnědá | 68,51 | -1,38 | 3,42 | 2,72 | 0,51 | 2,69 | 2,75 |
| 45g/l HLF hnědá | 68,53 | -1,62 | 3,72 | 2,89 | 0,42 | 2,87 | 2,92 |
| 75g/l HLF hnědá | 68,53 | -1,11 | 3,63 | 2,83 | 0,23 | 2,82 | 2,85 |
| originál černá | 68,13 | -1,61 | 3,98 | 3,37 | 0,19 | 3,36 | 3,38 |
| 5g/l HLF černá | 67,73 | -1,55 | 3,99 | 3,69 | 0,18 | 3,68 | 3,70 |
| 15g/l HLF černá | 68,04 | -1,53 | 3,85 | 3,36 | 0,15 | 3,35 | 3,36 |
| 30g/l HLF černá | 68,34 | -1,48 | 3,53 | 2,93 | 0,25 | 2,91 | 2,94 |
| 45g/l HLF černá | 68,14 | -1,48 | 3,24 | 2,95 | 0,16 | 2,94 | 2,96 |
| 75g/l HLF černá | 68,49 | -1,46 | 3,49 | 2,78 | 0,29 | 2,76 | 2,80 |

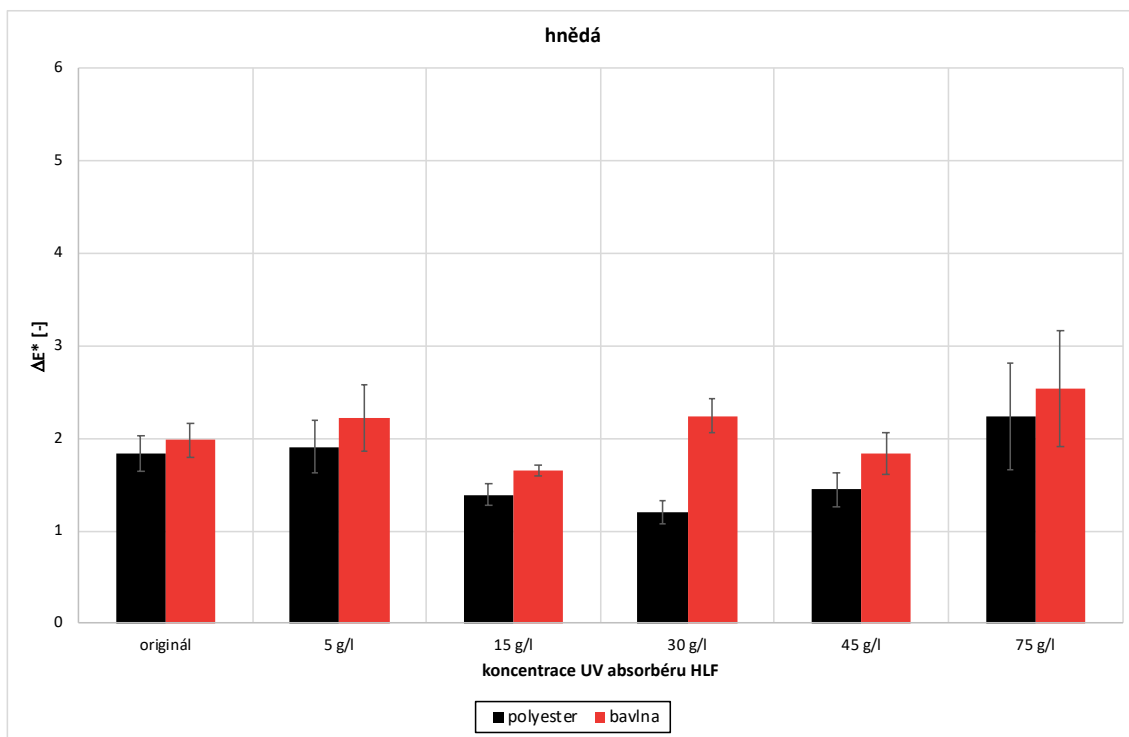
| BAVLNA | L* | a* | b* | ΔE^* | s | 95% IS ≤ | 95% IS ≥ |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|----------|-----------------|-----------------|
| originál tmavě zelená | 65,16 | -1,31 | 3,01 | 6,13 | 0,37 | 6,11 | 6,15 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 63,78 | -1,67 | 2,95 | 7,47 | 0,20 | 7,45 | 7,48 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 64,39 | -1,56 | 2,93 | 6,86 | 0,16 | 6,85 | 6,87 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 64,86 | -1,45 | 2,91 | 6,39 | 0,11 | 6,38 | 6,40 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 65,35 | -1,77 | 3,08 | 6,01 | 0,23 | 6,00 | 6,03 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 64,55 | -1,62 | 2,89 | 6,70 | 0,19 | 6,69 | 6,71 |
| originál hnědá | 69,10 | -0,48 | 2,95 | 2,63 | 0,80 | 2,58 | 2,68 |
| 5g/l HLF hnědá | 69,23 | -0,71 | 2,72 | 2,36 | 0,65 | 2,32 | 2,40 |
| 15g/l HLF hnědá | 69,30 | -0,66 | 2,73 | 2,32 | 0,45 | 2,29 | 2,35 |
| 30g/l HLF hnědá | 69,46 | -0,97 | 2,71 | 2,18 | 0,81 | 2,13 | 2,23 |
| 45g/l HLF hnědá | 69,24 | -0,91 | 2,78 | 2,38 | 0,67 | 2,34 | 2,42 |
| 75g/l HLF hnědá | 69,54 | -0,66 | 2,85 | 2,25 | 0,97 | 2,19 | 2,31 |
| originál černá | 69,15 | -0,72 | 2,78 | 2,47 | 0,67 | 2,42 | 2,51 |
| 5g/l HLF černá | 69,75 | -0,83 | 2,61 | 1,92 | 0,88 | 1,86 | 1,97 |
| 15g/l HLF černá | 69,54 | -0,85 | 2,52 | 1,99 | 0,72 | 1,95 | 2,04 |
| 30g/l HLF černá | 69,60 | -1,07 | 2,66 | 2,06 | 0,94 | 2,00 | 2,11 |
| 45g/l HLF černá | 70,23 | -1,10 | 2,76 | 1,79 | 1,03 | 1,73 | 1,86 |
| 75g/l HLF černá | 69,56 | -0,94 | 2,82 | 2,20 | 0,56 | 2,16 | 2,23 |



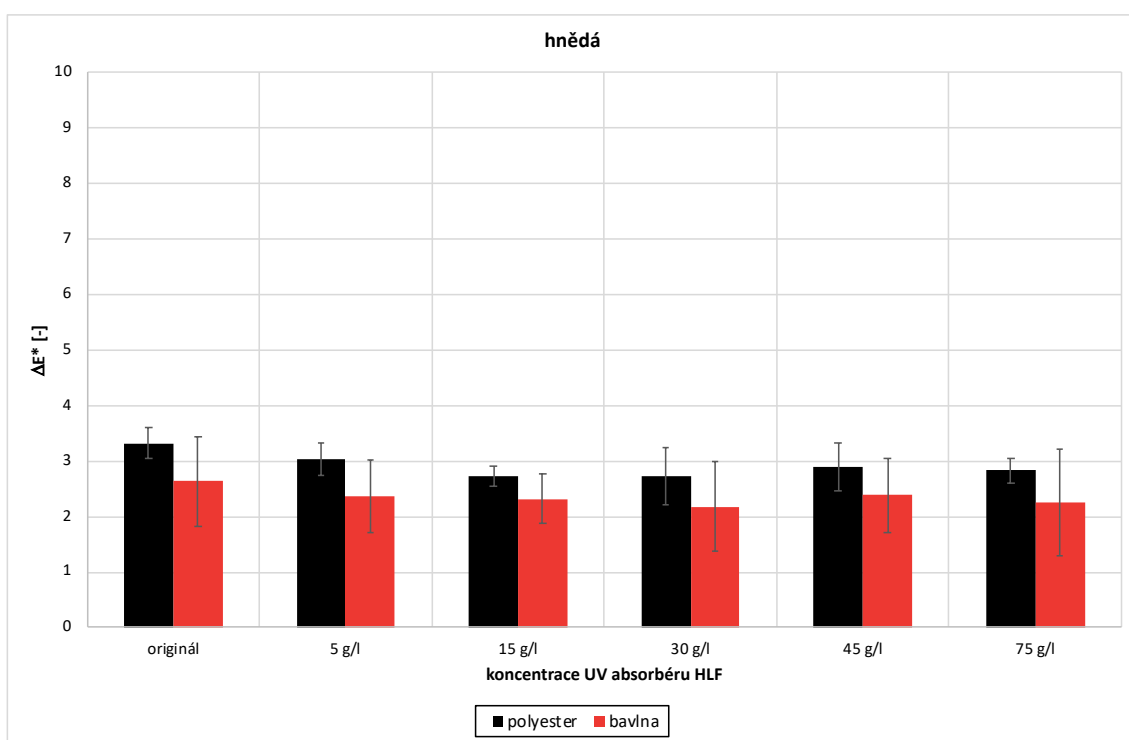
Obr. 7 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok



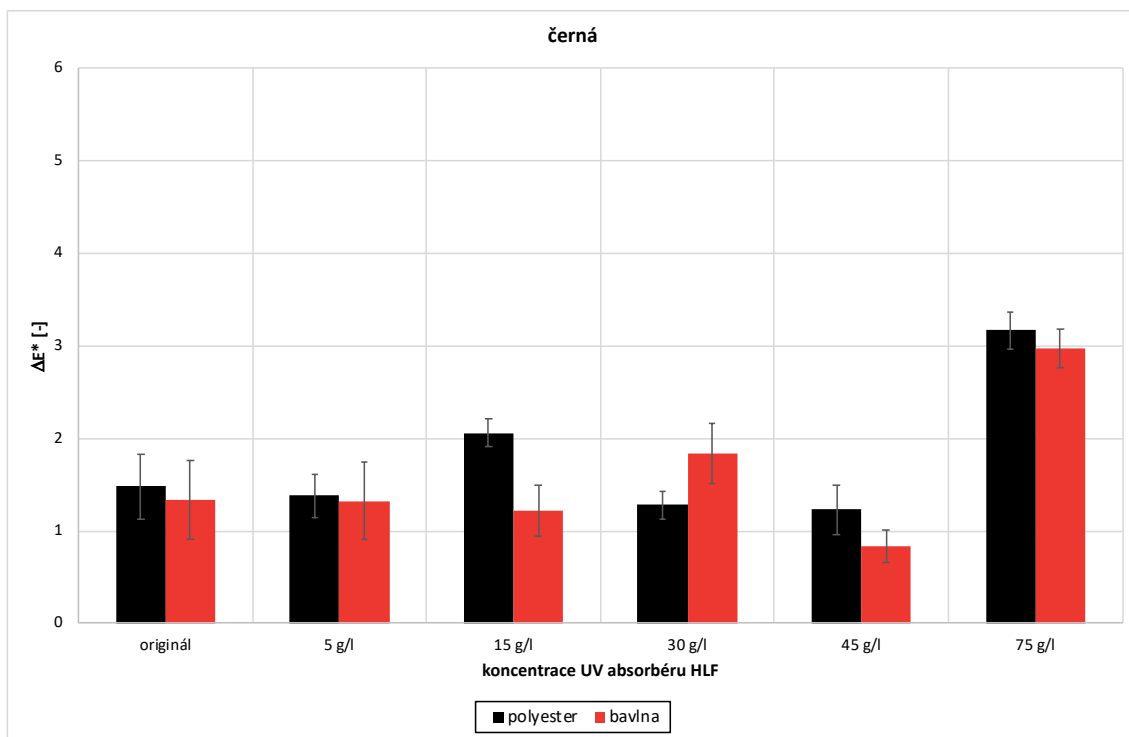
Obr. 8 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok



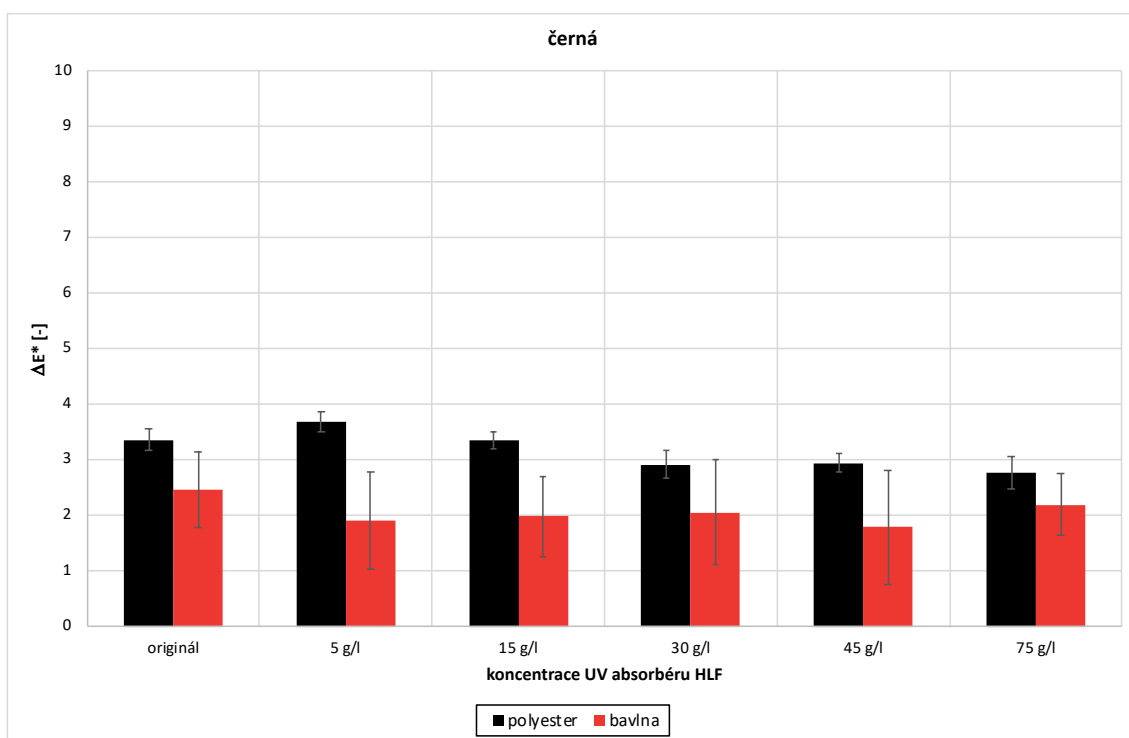
Obr. 9 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok



Obr. 10 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok



Obr. 11 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok



Obr. 12 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – kyselý roztok

Příloha č. 3 – Stálobarevnost v potu – alkalický roztok

Tab. 5 Hodnoty $L^* a^* b^*$ – změny odstínu – tmavě zelená, hnědá, černá

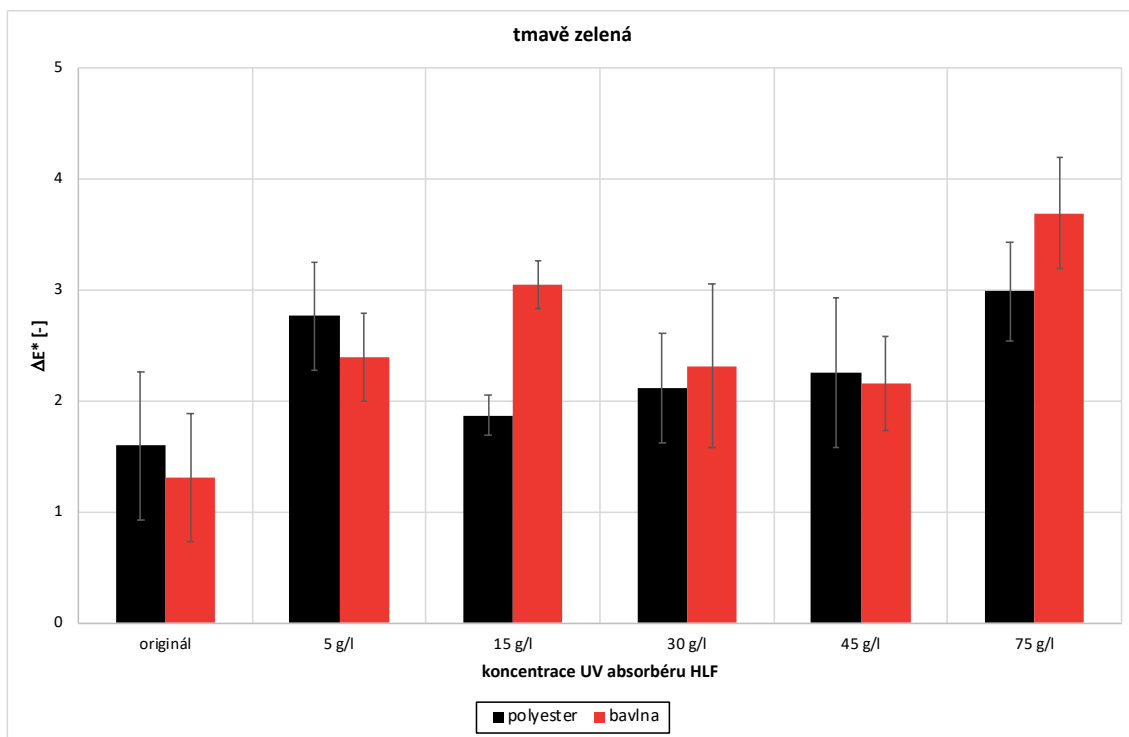
| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 36,34 | -7,81 | 8,30 | 1,60 | 0,67 | 1,56 | 1,64 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 36,65 | -7,13 | 8,93 | 2,77 | 0,49 | 2,74 | 2,80 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 36,95 | -8,01 | 8,65 | 1,88 | 0,18 | 1,86 | 1,89 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 36,06 | -7,15 | 8,37 | 2,12 | 0,49 | 2,08 | 2,15 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 38,42 | -7,43 | 8,37 | 2,26 | 0,68 | 2,21 | 2,30 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 36,92 | -7,19 | 7,31 | 2,99 | 0,44 | 2,97 | 3,02 |
| originál hnědá | 19,25 | 0,38 | -1,22 | 1,58 | 0,19 | 1,57 | 1,60 |
| 5g/l HLF hnědá | 18,42 | 1,44 | -1,39 | 1,71 | 0,20 | 1,70 | 1,72 |
| 15g/l HLF hnědá | 18,07 | 1,17 | -1,15 | 1,48 | 0,23 | 1,47 | 1,50 |
| 30g/l HLF hnědá | 19,29 | 0,35 | -1,28 | 1,17 | 0,54 | 1,13 | 1,20 |
| 45g/l HLF hnědá | 19,25 | 0,73 | -1,57 | 0,70 | 0,29 | 0,68 | 0,72 |
| 75g/l HLF hnědá | 20,51 | 0,43 | -2,01 | 0,57 | 0,69 | 0,53 | 0,61 |
| originál černá | 16,74 | 0,15 | 1,17 | 1,48 | 0,37 | 1,46 | 1,51 |
| 5g/l HLF černá | 16,84 | 0,58 | 1,22 | 1,73 | 0,31 | 1,71 | 1,75 |
| 15g/l HLF černá | 16,16 | 0,37 | 1,16 | 2,11 | 0,31 | 2,09 | 2,13 |
| 30g/l HLF černá | 16,48 | 0,53 | 0,96 | 1,57 | 0,06 | 1,57 | 1,57 |
| 45g/l HLF černá | 18,19 | 0,30 | 0,96 | 1,24 | 0,28 | 1,22 | 1,26 |
| 75g/l HLF černá | 16,86 | 0,94 | 0,22 | 3,37 | 0,32 | 3,35 | 3,39 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 36,20 | -8,61 | 8,58 | 1,31 | 0,58 | 1,28 | 1,35 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 36,90 | -7,65 | 8,98 | 2,40 | 0,39 | 2,38 | 2,42 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 36,30 | -7,55 | 8,73 | 3,05 | 0,22 | 3,04 | 3,06 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 35,92 | -7,00 | 8,28 | 2,32 | 0,74 | 2,27 | 2,37 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 37,97 | -7,94 | 8,59 | 2,16 | 0,43 | 2,13 | 2,19 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 36,16 | -7,13 | 7,33 | 3,70 | 0,50 | 3,67 | 3,73 |
| originál hnědá | 18,94 | 0,23 | -2,35 | 1,20 | 0,20 | 1,19 | 1,21 |
| 5g/l HLF hnědá | 18,40 | 0,62 | -1,68 | 1,22 | 0,25 | 1,20 | 1,23 |
| 15g/l HLF hnědá | 18,14 | 0,40 | -2,06 | 0,50 | 0,07 | 0,50 | 0,51 |
| 30g/l HLF hnědá | 20,12 | 0,46 | -1,68 | 1,55 | 0,31 | 1,53 | 1,57 |
| 45g/l HLF hnědá | 19,26 | 0,49 | -2,39 | 0,43 | 0,29 | 0,41 | 0,45 |
| 75g/l HLF hnědá | 20,76 | 0,64 | -2,21 | 0,30 | 0,45 | 0,27 | 0,32 |
| originál černá | 17,33 | 0,55 | 0,62 | 0,81 | 0,65 | 0,77 | 0,85 |
| 5g/l HLF černá | 17,06 | 1,05 | 0,79 | 1,38 | 0,52 | 1,34 | 1,41 |
| 15g/l HLF černá | 17,85 | 0,39 | 1,15 | 1,21 | 0,31 | 1,19 | 1,23 |
| 30g/l HLF černá | 16,68 | 0,80 | 0,75 | 1,28 | 0,22 | 1,27 | 1,30 |
| 45g/l HLF černá | 18,93 | 0,44 | 1,08 | 1,03 | 0,29 | 1,01 | 1,05 |
| 75g/l HLF černá | 18,06 | 0,83 | 0,30 | 2,19 | 0,24 | 2,17 | 2,20 |

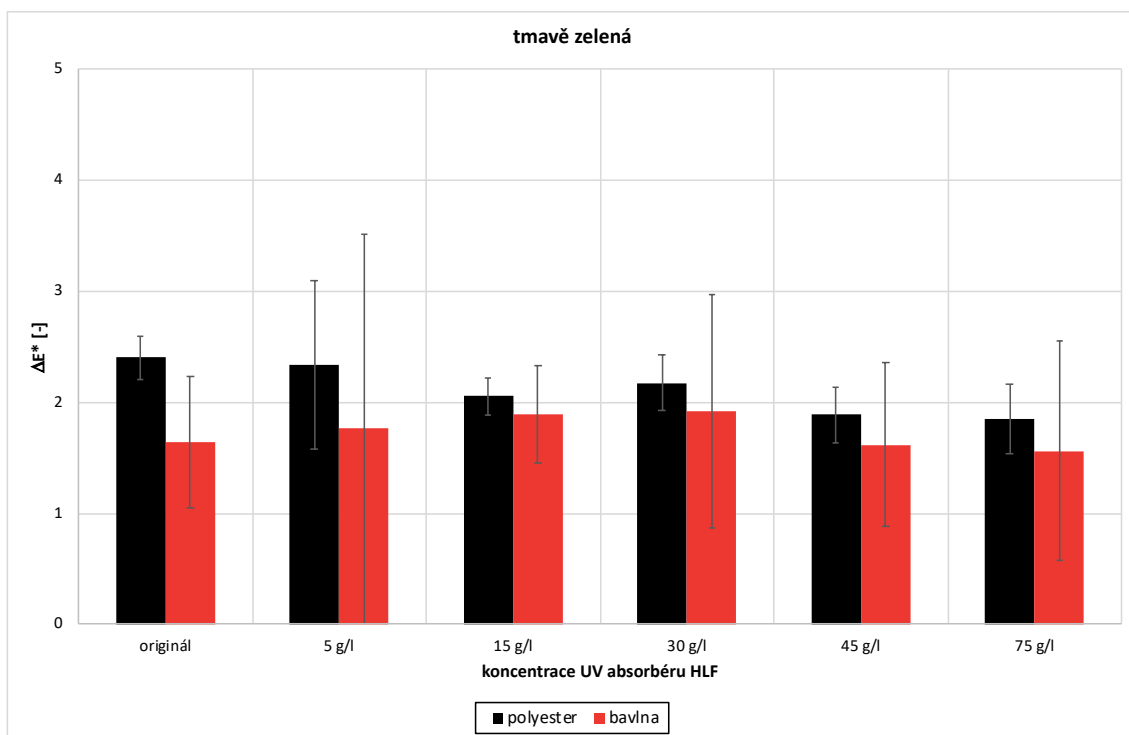
Tab. 6 Hodnoty $L^* a^* b^*$ – zapouštění – tmavě zelená, hnědá, černá

| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 69,36 | -1,51 | 3,85 | 2,41 | 0,19 | 2,39 | 2,42 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 69,32 | -1,09 | 3,72 | 2,33 | 0,76 | 2,29 | 2,38 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 69,57 | -1,35 | 3,58 | 2,06 | 0,17 | 2,05 | 2,07 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 69,60 | -1,44 | 3,74 | 2,18 | 0,25 | 2,16 | 2,19 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 69,96 | -1,61 | 3,59 | 1,89 | 0,25 | 1,87 | 1,90 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 69,63 | -1,50 | 3,36 | 1,85 | 0,31 | 1,83 | 1,87 |
| originál hnědá | 69,40 | -1,81 | 3,94 | 2,50 | 0,39 | 2,48 | 2,53 |
| 5g/l HLF hnědá | 68,38 | -1,08 | 4,01 | 3,19 | 0,42 | 3,17 | 3,22 |
| 15g/l HLF hnědá | 68,44 | -1,19 | 3,87 | 3,05 | 0,46 | 3,02 | 3,08 |
| 30g/l HLF hnědá | 68,54 | -1,30 | 3,79 | 2,92 | 0,12 | 2,91 | 2,93 |
| 45g/l HLF hnědá | 68,86 | -1,39 | 3,70 | 2,62 | 0,40 | 2,60 | 2,65 |
| 75g/l HLF hnědá | 68,96 | -1,52 | 3,86 | 2,67 | 0,15 | 2,66 | 2,68 |
| originál černá | 67,43 | -1,96 | 4,12 | 4,05 | 0,40 | 4,03 | 4,08 |
| 5g/l HLF černá | 67,71 | -1,60 | 3,92 | 3,67 | 0,30 | 3,65 | 3,68 |
| 15g/l HLF černá | 68,09 | -1,93 | 4,07 | 3,49 | 0,43 | 3,47 | 3,52 |
| 30g/l HLF černá | 67,94 | -1,72 | 4,02 | 3,55 | 0,17 | 3,54 | 3,56 |
| 45g/l HLF černá | 67,92 | -1,97 | 4,04 | 3,61 | 0,14 | 3,60 | 3,62 |
| 75g/l HLF černá | 67,66 | -2,09 | 3,99 | 3,82 | 0,30 | 3,80 | 3,84 |

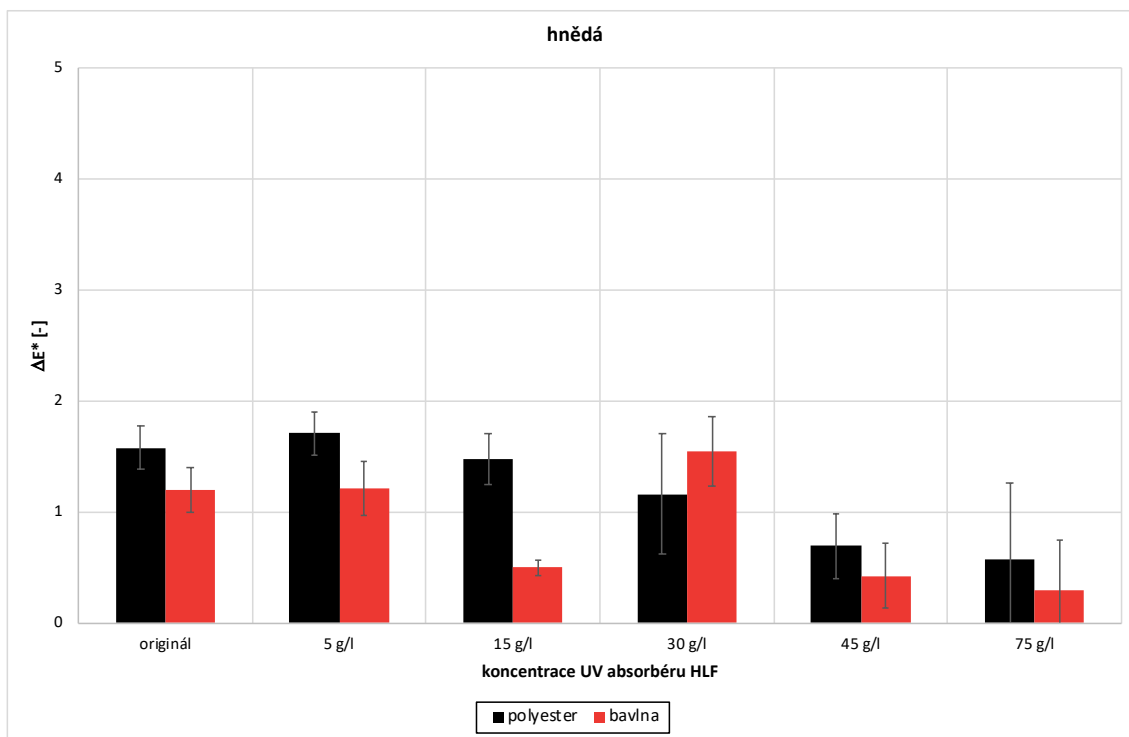
| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| originál tmavě zelená | 70,22 | -0,91 | 2,61 | 1,64 | 0,59 | 1,61 | 1,68 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 70,65 | -1,01 | 2,87 | 1,76 | 1,76 | 1,66 | 1,87 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 70,02 | -1,04 | 2,76 | 1,89 | 0,44 | 1,86 | 1,92 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 70,14 | -0,72 | 2,86 | 1,92 | 1,06 | 1,86 | 1,99 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 70,36 | -0,66 | 2,62 | 1,62 | 0,74 | 1,57 | 1,67 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 70,93 | -0,82 | 2,70 | 1,56 | 0,99 | 1,50 | 1,62 |
| originál hnědá | 69,09 | -0,66 | 2,80 | 2,52 | 0,54 | 2,48 | 2,55 |
| 5g/l HLF hnědá | 69,49 | -0,55 | 2,75 | 2,21 | 1,47 | 2,12 | 2,30 |
| 15g/l HLF hnědá | 69,71 | -0,28 | 2,80 | 2,17 | 0,86 | 2,12 | 2,23 |
| 30g/l HLF hnědá | 69,22 | -0,50 | 2,86 | 2,49 | 0,84 | 2,44 | 2,54 |
| 45g/l HLF hnědá | 69,64 | -0,81 | 2,79 | 2,12 | 0,85 | 2,07 | 2,17 |
| 75g/l HLF hnědá | 69,70 | -0,79 | 3,12 | 2,36 | 1,19 | 2,29 | 2,43 |
| originál černá | 68,55 | -0,87 | 3,34 | 3,27 | 1,00 | 3,21 | 3,34 |
| 5g/l HLF černá | 69,01 | -0,80 | 3,07 | 2,76 | 1,18 | 2,69 | 2,83 |
| 15g/l HLF černá | 69,07 | -0,90 | 2,92 | 2,60 | 0,53 | 2,57 | 2,64 |
| 30g/l HLF černá | 69,04 | -1,07 | 3,21 | 2,84 | 1,01 | 2,77 | 2,90 |
| 45g/l HLF černá | 69,39 | -1,36 | 3,03 | 2,51 | 0,98 | 2,45 | 2,57 |
| 75g/l HLF černá | 69,13 | -1,28 | 3,10 | 2,72 | 0,89 | 2,67 | 2,78 |



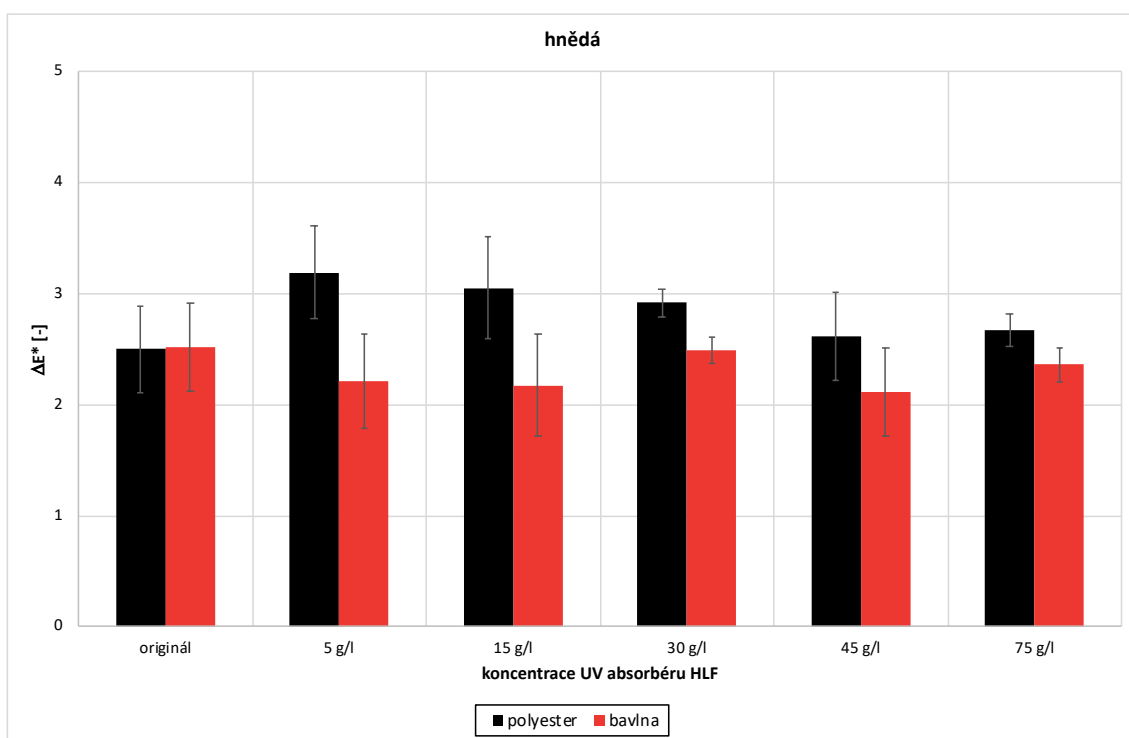
Obr. 13 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok



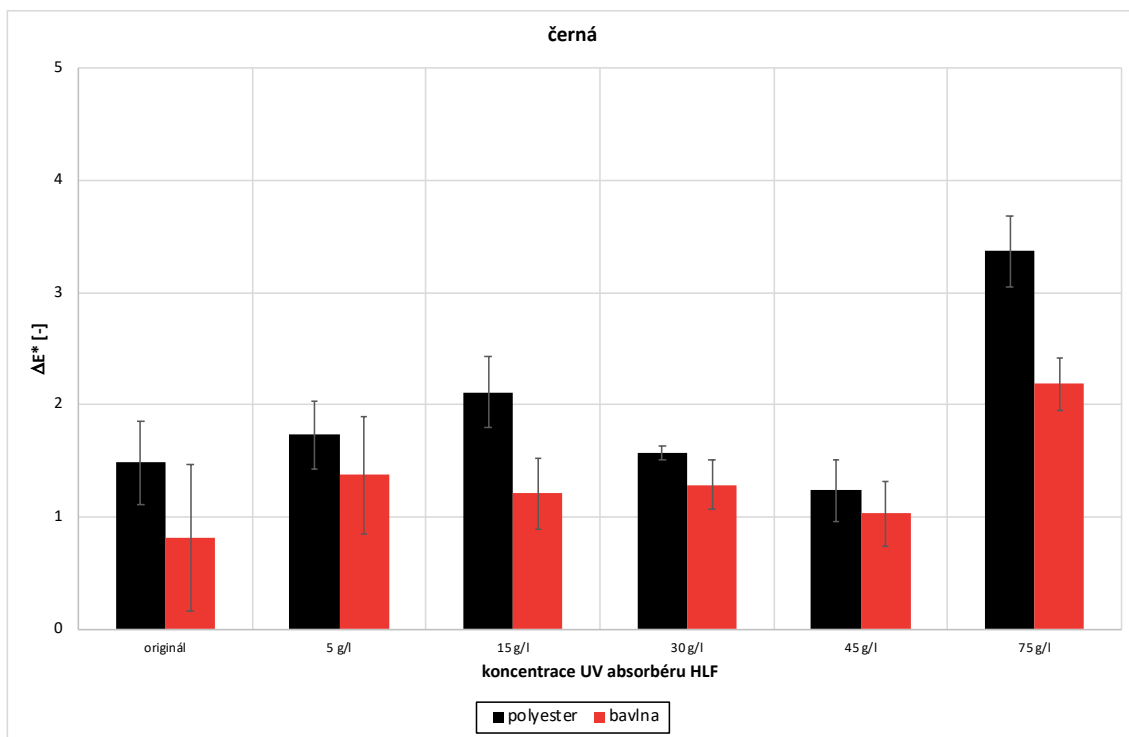
Obr. 14 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok



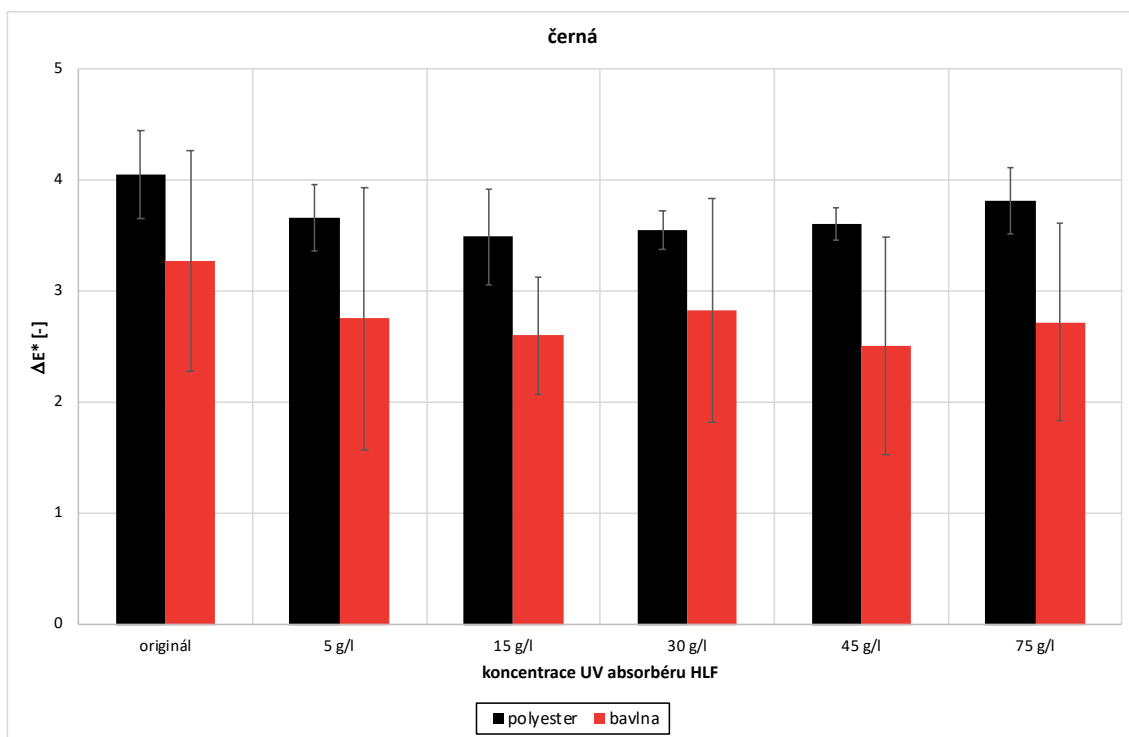
Obr. 15 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok



Obr. 16 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok



Obr. 17 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok



Obr. 18 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v potu – alkalický roztok

Příloha č. 4 – Stálobarevnost v domácím a komerčním praní

Tab. 7 Hodnoty L^* a^* b^* – změny odstínu – tmavě zelená, hnědá, černá

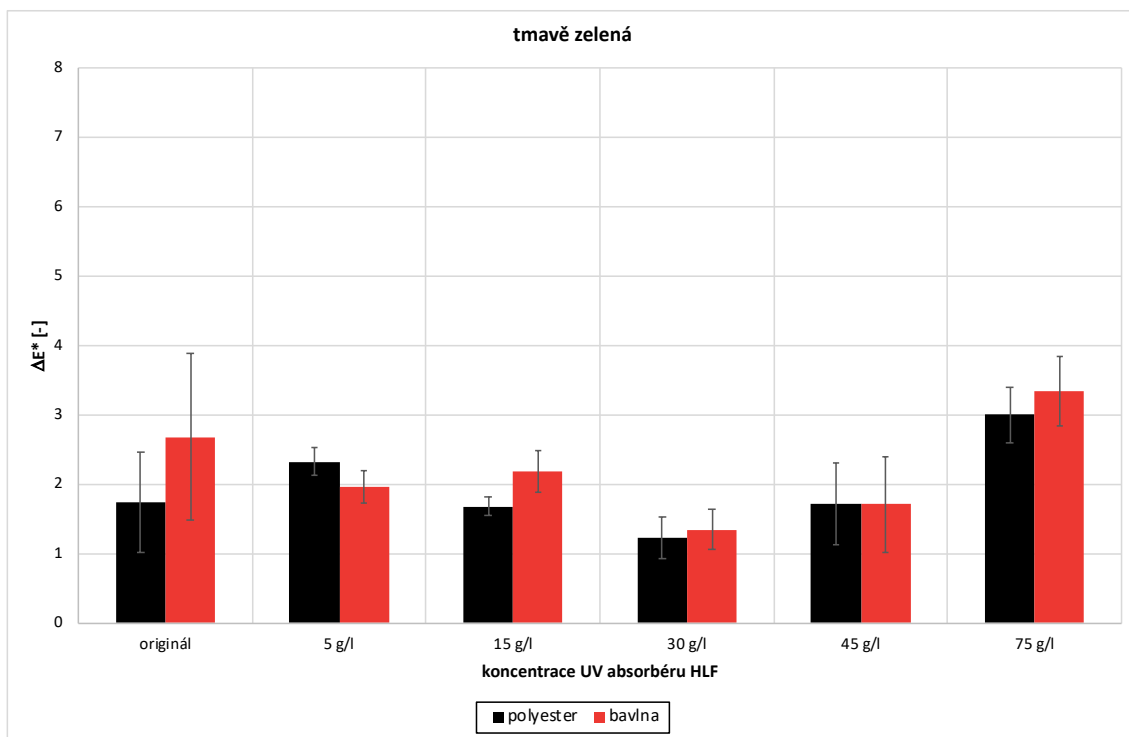
| POLYESTER | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| originál tmavě zelená | 38,23 | -8,56 | 10,85 | 1,75 | 0,72 | 1,71 | 1,80 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 37,32 | -8,17 | 10,81 | 2,33 | 0,21 | 2,32 | 2,35 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 37,18 | -8,18 | 10,99 | 1,69 | 0,13 | 1,68 | 1,70 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 36,15 | -7,80 | 10,16 | 1,24 | 0,30 | 1,22 | 1,26 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 38,73 | -8,32 | 12,02 | 1,72 | 0,59 | 1,68 | 1,76 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 38,18 | -7,98 | 10,59 | 3,01 | 0,40 | 2,98 | 3,03 |
| originál hnědá | 21,41 | 0,34 | -1,42 | 1,72 | 0,76 | 1,68 | 1,77 |
| 5g/l HLF hnědá | 19,73 | 0,24 | -2,50 | 0,65 | 0,27 | 0,63 | 0,66 |
| 15g/l HLF hnědá | 20,22 | 0,14 | -2,48 | 1,64 | 0,25 | 1,63 | 1,66 |
| 30g/l HLF hnědá | 21,11 | 1,39 | -1,37 | 2,78 | 0,50 | 2,75 | 2,81 |
| 45g/l HLF hnědá | 19,75 | 0,08 | -2,32 | 0,81 | 0,17 | 0,80 | 0,82 |
| 75g/l HLF hnědá | 20,96 | 0,28 | -2,20 | 0,37 | 0,55 | 0,34 | 0,40 |
| originál černá | 20,07 | 0,61 | 0,48 | 2,60 | 0,68 | 2,56 | 2,65 |
| 5g/l HLF černá | 17,63 | 0,47 | 0,74 | 0,94 | 0,50 | 0,91 | 0,97 |
| 15g/l HLF černá | 18,32 | 0,48 | 0,87 | 1,04 | 0,39 | 1,01 | 1,06 |
| 30g/l HLF černá | 18,44 | 0,61 | 1,26 | 1,18 | 0,22 | 1,16 | 1,19 |
| 45g/l HLF černá | 18,43 | 0,54 | 1,16 | 1,24 | 0,17 | 1,23 | 1,25 |
| 75g/l HLF černá | 19,13 | 0,53 | 1,01 | 1,56 | 0,12 | 1,55 | 1,57 |

| BAVLNA | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| originál tmavě zelená | 39,22 | -8,58 | 11,10 | 2,68 | 1,20 | 2,61 | 2,76 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 38,00 | -8,32 | 10,97 | 1,97 | 0,22 | 1,95 | 1,98 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 37,83 | -8,53 | 11,06 | 2,19 | 0,30 | 2,17 | 2,21 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 36,06 | -8,20 | 10,10 | 1,35 | 0,29 | 1,34 | 1,37 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 38,68 | -8,57 | 11,95 | 1,72 | 0,69 | 1,68 | 1,76 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 37,72 | -8,34 | 10,49 | 3,35 | 0,50 | 3,32 | 3,38 |
| originál hnědá | 24,12 | 0,69 | -0,43 | 4,54 | 1,49 | 4,45 | 4,63 |
| 5g/l HLF hnědá | 19,44 | 0,14 | -2,37 | 0,53 | 0,24 | 0,52 | 0,55 |
| 15g/l HLF hnědá | 19,40 | 0,09 | -2,40 | 0,85 | 0,19 | 0,84 | 0,86 |
| 30g/l HLF hnědá | 20,04 | 0,33 | -1,25 | 1,69 | 0,34 | 1,67 | 1,71 |
| 45g/l HLF hnědá | 19,68 | 0,05 | -2,20 | 0,73 | 0,22 | 0,72 | 0,75 |
| 75g/l HLF hnědá | 20,70 | 0,24 | -1,81 | 0,59 | 0,55 | 0,56 | 0,63 |
| originál černá | 19,64 | -0,07 | 1,28 | 2,49 | 0,86 | 2,44 | 2,55 |
| 5g/l HLF černá | 17,85 | -0,01 | 1,29 | 1,55 | 0,26 | 1,53 | 1,56 |
| 15g/l HLF černá | 18,36 | -0,19 | 1,29 | 1,53 | 0,17 | 1,52 | 1,54 |
| 30g/l HLF černá | 18,12 | 0,18 | 1,35 | 1,26 | 0,41 | 1,24 | 1,29 |
| 45g/l HLF černá | 17,82 | -0,13 | 1,34 | 1,87 | 0,57 | 1,83 | 1,90 |
| 75g/l HLF černá | 19,01 | -0,14 | 1,35 | 2,15 | 0,58 | 2,11 | 2,18 |

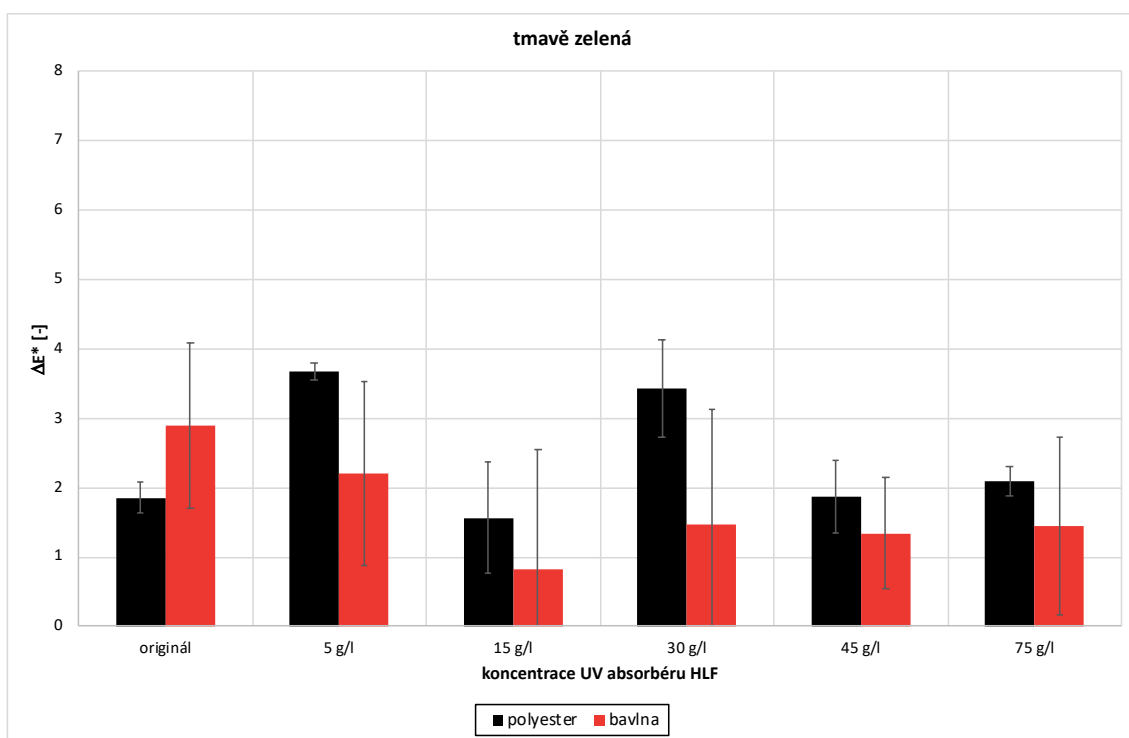
Tab. 8 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – zapouštění – tmavě zelená, hnědá, černá

| POLYESTER | L* | a* | b* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| originál tmavě zelená | 70,36 | -1,89 | 3,63 | 1,86 | 0,22 | 1,84 | 1,87 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 67,39 | -1,94 | 3,23 | 3,68 | 0,11 | 3,67 | 3,68 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 70,91 | -1,94 | 3,34 | 1,57 | 0,81 | 1,52 | 1,62 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 67,66 | -1,77 | 3,27 | 3,42 | 0,70 | 3,38 | 3,46 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 69,95 | -1,90 | 3,50 | 1,87 | 0,52 | 1,84 | 1,91 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 69,37 | -1,84 | 3,38 | 2,09 | 0,22 | 2,08 | 2,10 |
| originál hnědá | 66,59 | -1,97 | 3,12 | 4,39 | 0,07 | 4,39 | 4,39 |
| 5g/l HLF hnědá | 66,93 | -1,98 | 3,38 | 4,16 | 0,17 | 4,15 | 4,17 |
| 15g/l HLF hnědá | 70,17 | -1,81 | 3,25 | 1,55 | 0,68 | 1,51 | 1,59 |
| 30g/l HLF hnědá | 69,70 | -1,66 | 3,61 | 2,04 | 0,54 | 2,01 | 2,07 |
| 45g/l HLF hnědá | 68,90 | -1,81 | 3,53 | 2,53 | 0,26 | 2,51 | 2,54 |
| 75g/l HLF hnědá | 69,08 | -1,78 | 3,48 | 2,35 | 0,18 | 2,34 | 2,36 |
| originál černá | 66,24 | -2,05 | 3,82 | 4,97 | 1,05 | 4,90 | 5,03 |
| 5g/l HLF černá | 66,28 | -2,04 | 3,52 | 4,81 | 0,15 | 4,81 | 4,82 |
| 15g/l HLF černá | 67,55 | -1,94 | 3,33 | 3,57 | 0,15 | 3,57 | 3,58 |
| 30g/l HLF černá | 66,26 | -2,11 | 3,80 | 4,95 | 0,19 | 4,94 | 4,96 |
| 45g/l HLF černá | 69,19 | -1,91 | 3,95 | 2,64 | 0,45 | 2,61 | 2,67 |
| 75g/l HLF černá | 67,94 | -1,87 | 3,65 | 3,37 | 0,36 | 3,34 | 3,39 |

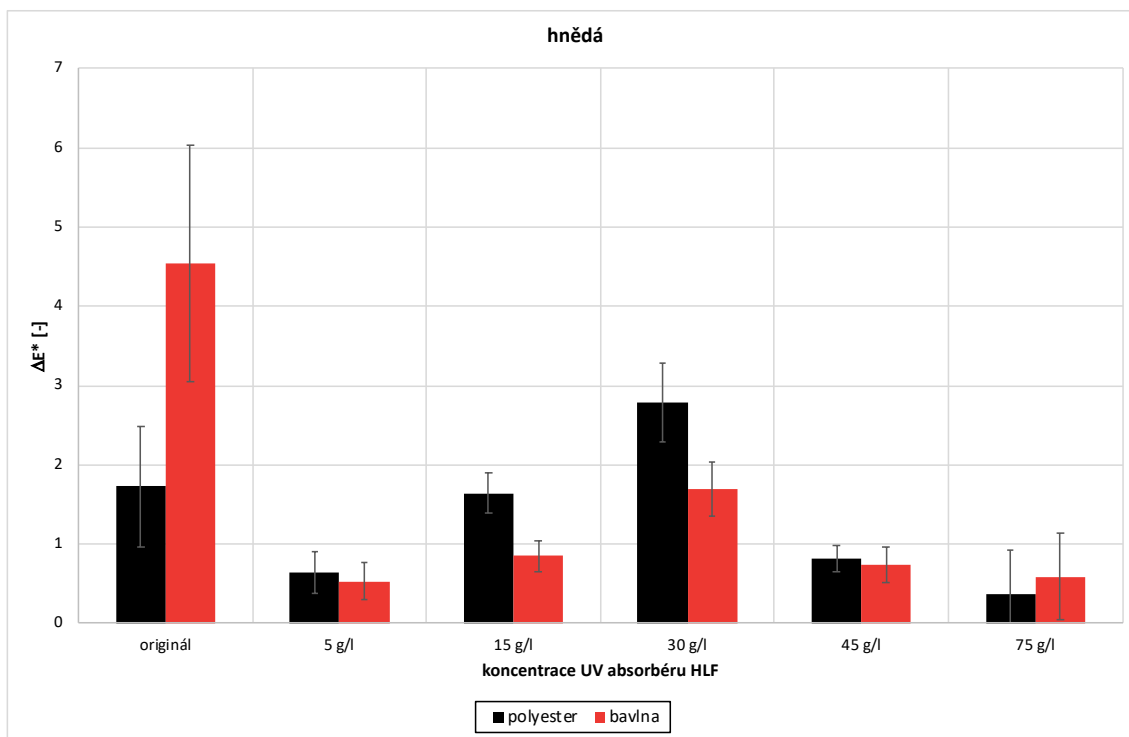
| BAVLNA | L* | a* | b* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| originál tmavě zelená | 68,12 | -1,12 | 1,57 | 2,90 | 1,19 | 2,83 | 2,97 |
| 5g/l HLF tmavě zelená | 68,80 | -1,03 | 1,45 | 2,20 | 1,32 | 2,12 | 2,28 |
| 15g/l HLF tmavě zelená | 70,26 | -1,10 | 1,48 | 0,82 | 1,72 | 0,71 | 0,93 |
| 30g/l HLF tmavě zelená | 69,72 | -1,07 | 1,87 | 1,47 | 1,67 | 1,36 | 1,57 |
| 45g/l HLF tmavě zelená | 69,65 | -0,90 | 1,35 | 1,34 | 0,80 | 1,29 | 1,39 |
| 75g/l HLF tmavě zelená | 69,70 | -1,14 | 1,76 | 1,44 | 1,29 | 1,36 | 1,52 |
| originál hnědá | 67,11 | -1,26 | 1,87 | 3,96 | 1,42 | 3,87 | 4,05 |
| 5g/l HLF hnědá | 67,66 | -1,17 | 1,82 | 3,39 | 0,88 | 3,34 | 3,45 |
| 15g/l HLF hnědá | 72,49 | -1,21 | 2,13 | 1,84 | 1,70 | 1,73 | 1,94 |
| 30g/l HLF hnědá | 69,28 | -1,00 | 2,71 | 2,31 | 1,19 | 2,24 | 2,39 |
| 45g/l HLF hnědá | 69,46 | -1,20 | 2,08 | 1,81 | 0,99 | 1,75 | 1,87 |
| 75g/l HLF hnědá | 68,41 | -1,14 | 2,00 | 2,72 | 1,22 | 2,64 | 2,79 |
| originál černá | 66,89 | -1,32 | 2,31 | 4,27 | 2,32 | 4,13 | 4,41 |
| 5g/l HLF černá | 65,39 | -1,42 | 2,21 | 5,71 | 1,84 | 5,60 | 5,83 |
| 15g/l HLF černá | 67,34 | -1,36 | 2,02 | 3,77 | 0,99 | 3,71 | 3,83 |
| 30g/l HLF černá | 68,95 | -1,38 | 2,57 | 2,53 | 1,38 | 2,44 | 2,61 |
| 45g/l HLF černá | 68,05 | -1,20 | 2,32 | 3,17 | 1,57 | 3,07 | 3,27 |
| 75g/l HLF černá | 69,00 | -1,21 | 2,40 | 2,37 | 1,87 | 2,25 | 2,48 |



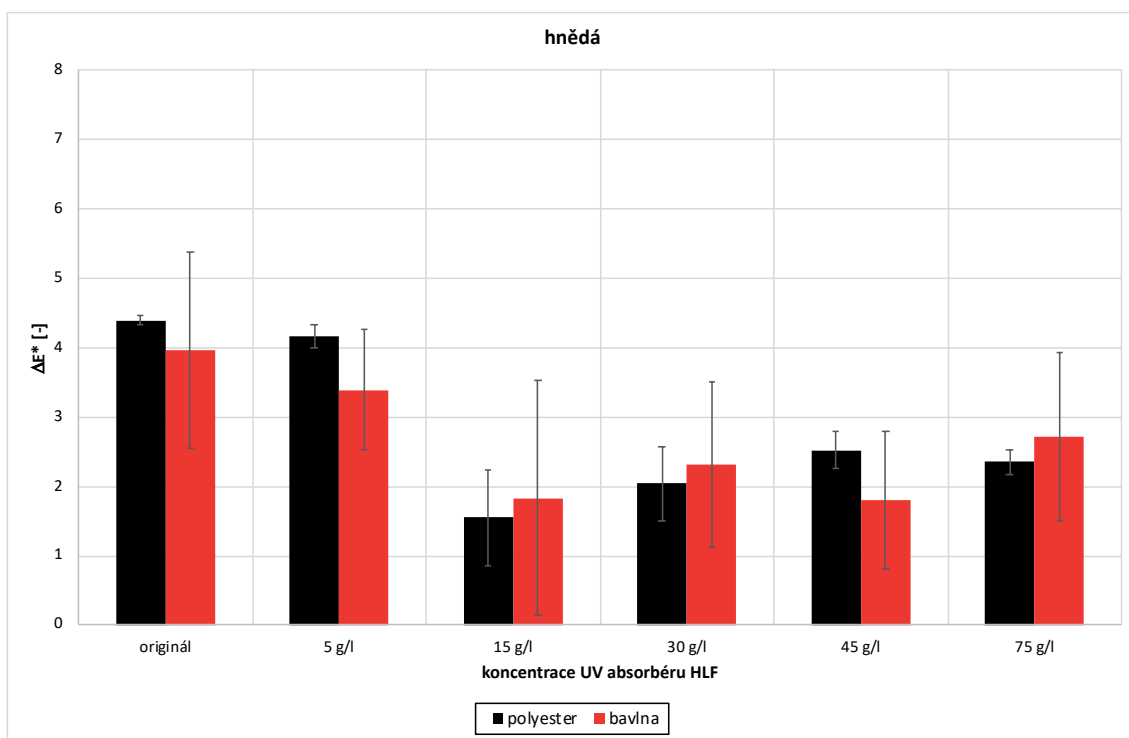
Obr. 19 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní



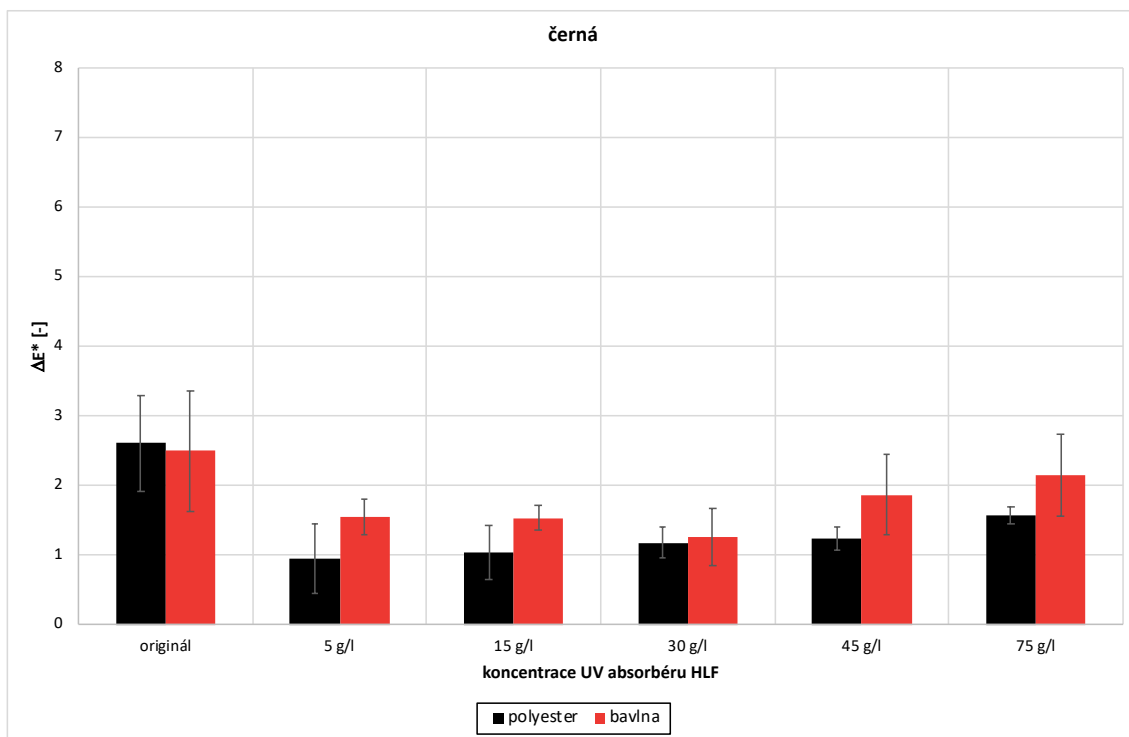
Obr. 20 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní



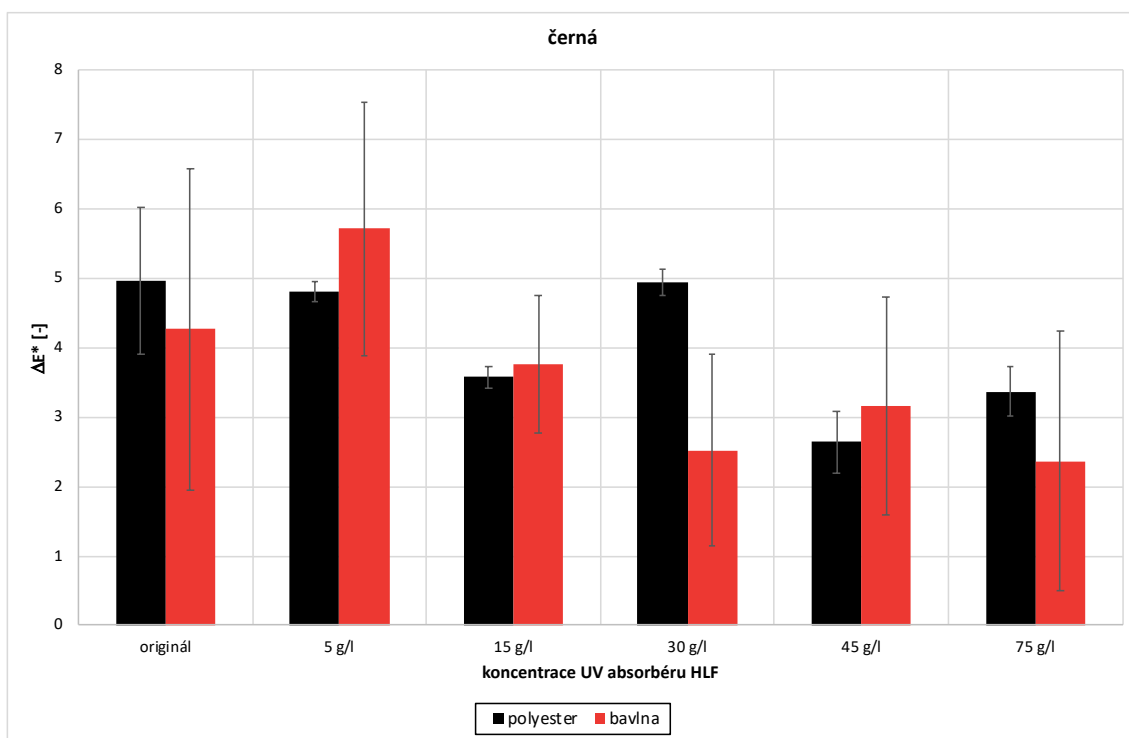
Obr. 21 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní



Obr. 22 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní



Obr. 23 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní



Obr. 24 Graf – Zapouštění termochromních pigmentů po stálobarevnosti v praní

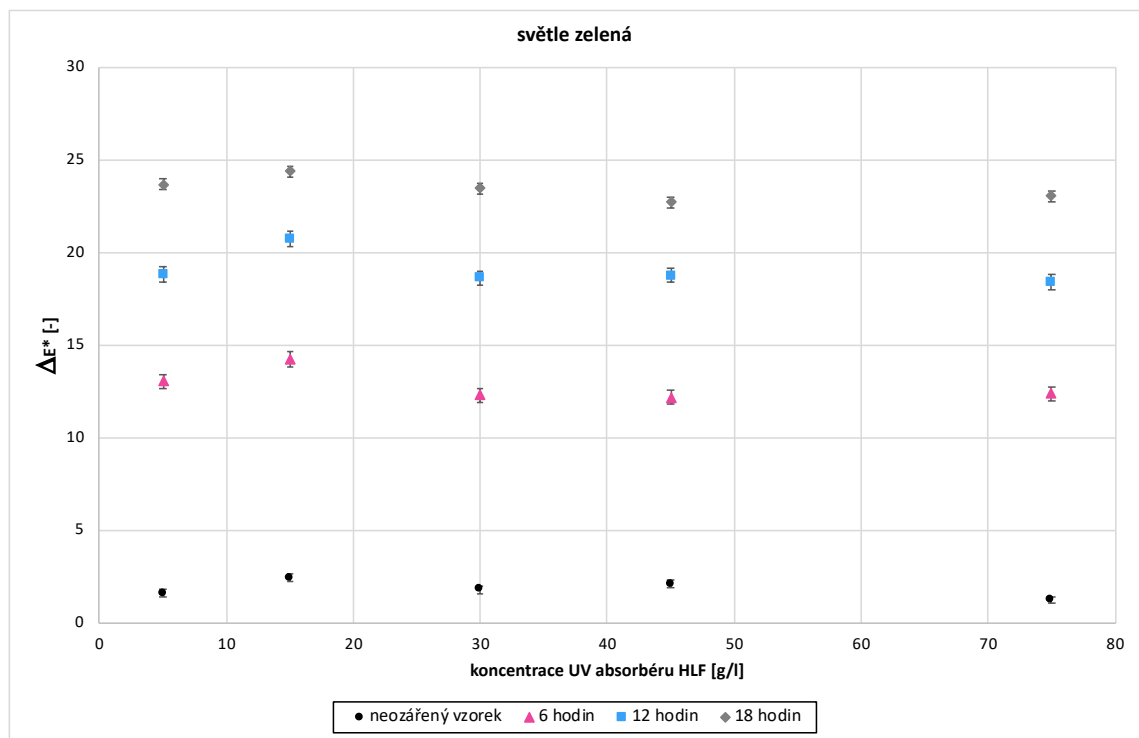
Příloha č. 5 – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou – technologie I.

Tab. 9 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – změny odstínu – světle zelená, tmavě zelená hnědá

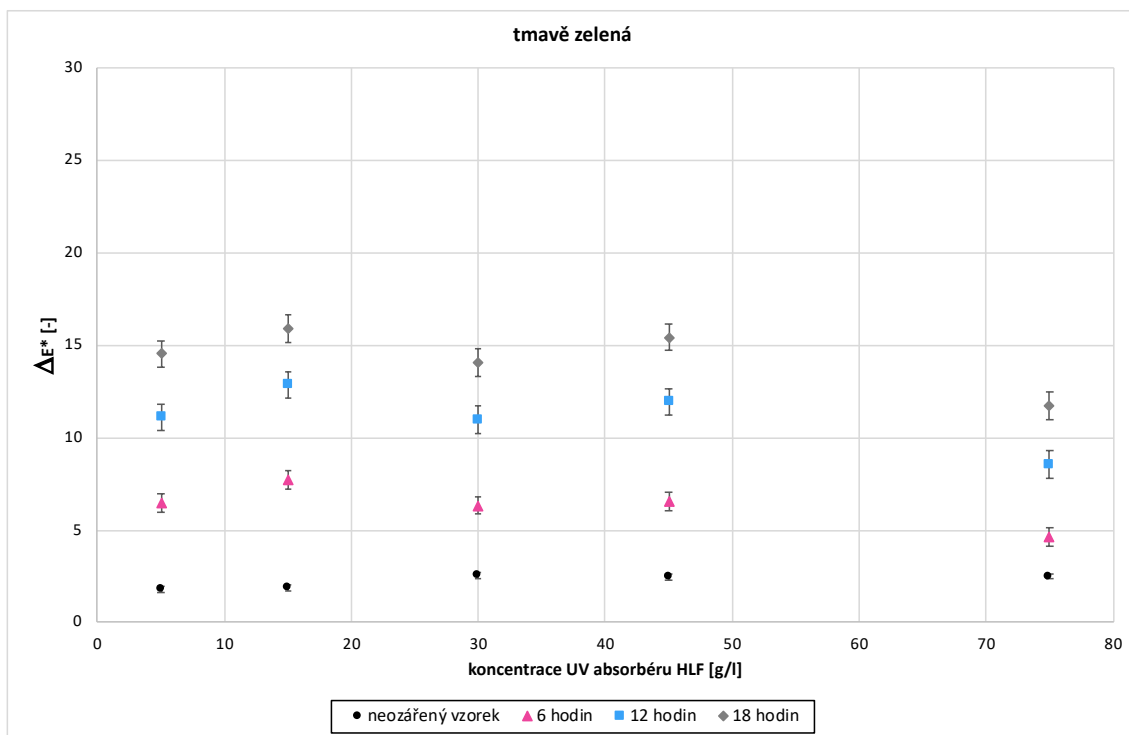
| SVĚTLE ZELENÁ | záření | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|---------------|------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 61,68 | -24,98 | 13,13 | 1,39 | 0,27 | 1,37 | 1,41 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 62,36 | -23,95 | 13,75 | 2,45 | 0,21 | 2,44 | 2,46 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 61,62 | -25,86 | 12,12 | 1,82 | 0,36 | 1,80 | 1,84 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 62,28 | -24,70 | 12,56 | 2,10 | 0,15 | 2,09 | 2,10 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 61,25 | -25,26 | 12,32 | 1,25 | 0,29 | 1,23 | 1,27 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 58,80 | -17,22 | 23,42 | 13,06 | 0,96 | 13,00 | 13,12 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 59,09 | -15,86 | 23,91 | 14,26 | 0,89 | 14,20 | 14,31 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 58,60 | -17,65 | 22,75 | 12,30 | 1,02 | 12,24 | 12,37 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 59,47 | -16,79 | 22,02 | 12,21 | 0,75 | 12,17 | 12,26 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 58,03 | -16,58 | 21,82 | 12,39 | 0,62 | 12,35 | 12,43 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 61,34 | -11,74 | 26,42 | 18,88 | 1,18 | 18,81 | 18,96 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 61,78 | -10,03 | 27,28 | 20,73 | 1,32 | 20,65 | 20,81 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 60,88 | -12,17 | 26,53 | 18,64 | 1,39 | 18,56 | 18,73 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 62,12 | -10,75 | 25,14 | 18,81 | 1,14 | 18,74 | 18,88 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 60,50 | -11,41 | 25,49 | 18,45 | 0,75 | 18,40 | 18,50 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 64,44 | -6,45 | 27,18 | 23,72 | 1,28 | 23,65 | 23,80 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 64,23 | -5,50 | 27,14 | 24,42 | 1,43 | 24,33 | 24,51 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 63,72 | -6,59 | 27,20 | 23,51 | 1,39 | 23,42 | 23,60 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 64,33 | -6,36 | 25,38 | 22,75 | 1,18 | 22,68 | 22,82 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 62,54 | -6,12 | 26,03 | 23,06 | 0,87 | 23,01 | 23,12 |

| TMAVĚ ZELENÁ | záření | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|--------------|------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 38,82 | -8,01 | 9,21 | 1,80 | 0,30 | 1,78 | 1,82 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 40,51 | -6,55 | 10,46 | 1,89 | 0,46 | 1,86 | 1,92 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 38,72 | -7,56 | 8,54 | 2,52 | 0,50 | 2,49 | 2,55 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 41,58 | -7,96 | 9,58 | 2,46 | 0,88 | 2,41 | 2,52 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 39,53 | -8,52 | 8,42 | 2,50 | 0,51 | 2,47 | 2,53 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 38,59 | -3,06 | 14,88 | 6,48 | 0,48 | 6,45 | 6,51 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 39,60 | -1,83 | 15,38 | 7,71 | 0,33 | 7,68 | 7,73 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 38,11 | -3,04 | 14,48 | 6,34 | 0,23 | 6,33 | 6,36 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 40,76 | -3,13 | 15,03 | 6,59 | 0,98 | 6,52 | 6,65 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 38,53 | -4,06 | 12,97 | 4,63 | 0,35 | 4,61 | 4,65 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 41,15 | 0,73 | 17,46 | 11,12 | 0,36 | 11,10 | 11,14 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 42,29 | 2,08 | 18,27 | 12,87 | 0,39 | 12,85 | 12,89 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 40,21 | 0,84 | 17,24 | 10,98 | 0,31 | 10,96 | 11,00 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 43,93 | 0,78 | 17,56 | 11,95 | 1,35 | 11,87 | 12,04 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 40,42 | -0,78 | 15,25 | 8,56 | 0,29 | 8,54 | 8,57 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 44,21 | 3,13 | 18,87 | 14,55 | 0,18 | 14,54 | 14,56 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 45,28 | 4,07 | 19,35 | 15,90 | 0,52 | 15,87 | 15,93 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 43,59 | 3,32 | 18,02 | 14,07 | 0,58 | 14,03 | 14,10 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 46,69 | 2,79 | 19,15 | 15,44 | 1,29 | 15,36 | 15,52 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 42,92 | 1,20 | 17,18 | 11,73 | 0,29 | 11,71 | 11,75 |

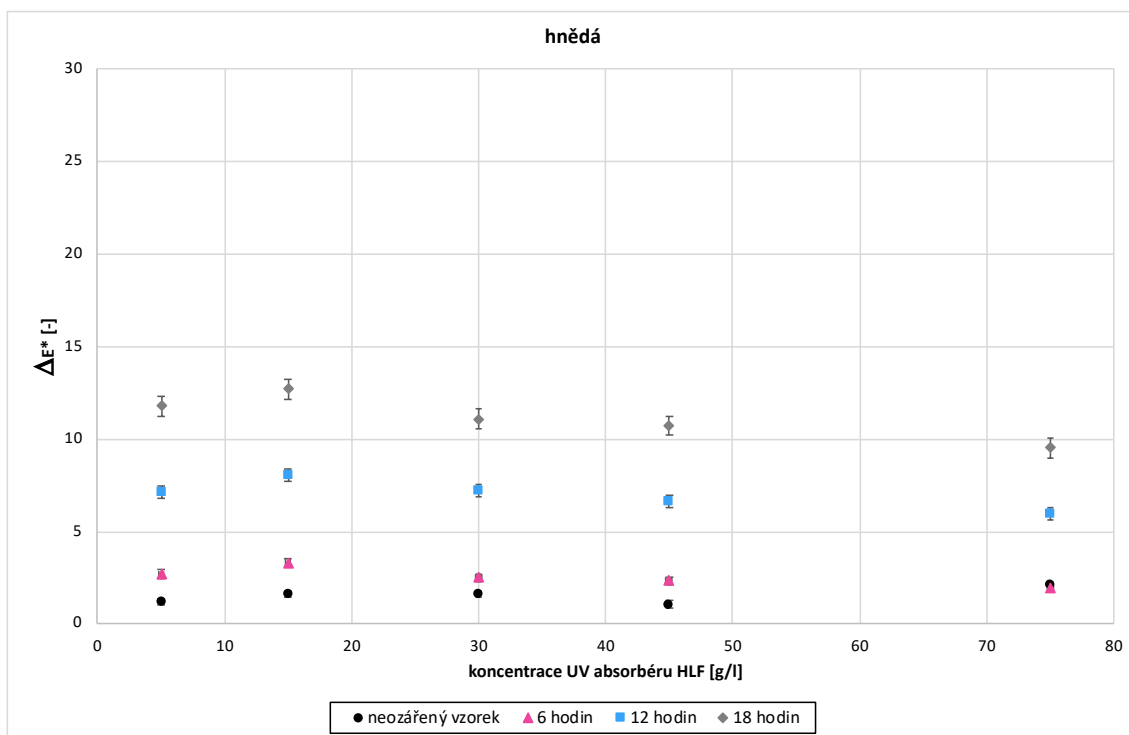
| HNĚDÁ | záření | L* | a* | b* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 20,88 | 0,15 | -2,19 | 1,20 | 0,25 | 1,18 | 1,21 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 22,56 | 0,94 | -1,68 | 1,62 | 0,56 | 1,58 | 1,65 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 22,03 | 0,30 | -2,63 | 1,64 | 0,38 | 1,62 | 1,66 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 21,82 | 0,27 | -2,08 | 1,07 | 0,22 | 1,05 | 1,08 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 23,17 | -0,25 | -2,36 | 2,12 | 0,37 | 2,10 | 2,14 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 22,63 | 1,67 | 0,50 | 2,71 | 0,23 | 2,70 | 2,73 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 23,36 | 2,05 | 0,48 | 3,32 | 0,21 | 3,30 | 3,33 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 22,63 | 1,64 | 0,23 | 2,53 | 0,22 | 2,51 | 2,54 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 22,37 | 1,63 | 0,11 | 2,34 | 0,22 | 2,33 | 2,36 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 22,80 | 0,91 | -0,13 | 1,99 | 0,24 | 1,97 | 2,00 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 25,13 | 4,70 | 2,66 | 7,16 | 0,11 | 7,15 | 7,17 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 26,35 | 4,96 | 2,72 | 8,05 | 0,56 | 8,01 | 8,08 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 24,83 | 5,19 | 2,44 | 7,24 | 0,27 | 7,23 | 7,26 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 24,62 | 4,45 | 2,49 | 6,65 | 0,23 | 6,63 | 6,66 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 25,29 | 3,28 | 1,86 | 5,95 | 0,53 | 5,92 | 5,98 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 28,96 | 6,86 | 4,66 | 11,79 | 0,46 | 11,76 | 11,81 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 29,75 | 7,42 | 4,84 | 12,72 | 1,05 | 12,65 | 12,78 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 27,80 | 7,13 | 4,33 | 11,09 | 0,61 | 11,05 | 11,12 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 28,03 | 6,27 | 4,43 | 10,74 | 0,36 | 10,72 | 10,76 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 28,04 | 4,53 | 3,92 | 9,54 | 0,47 | 9,51 | 9,56 |



Obr. 25 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou



Obr. 26 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou



Obr. 27 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou

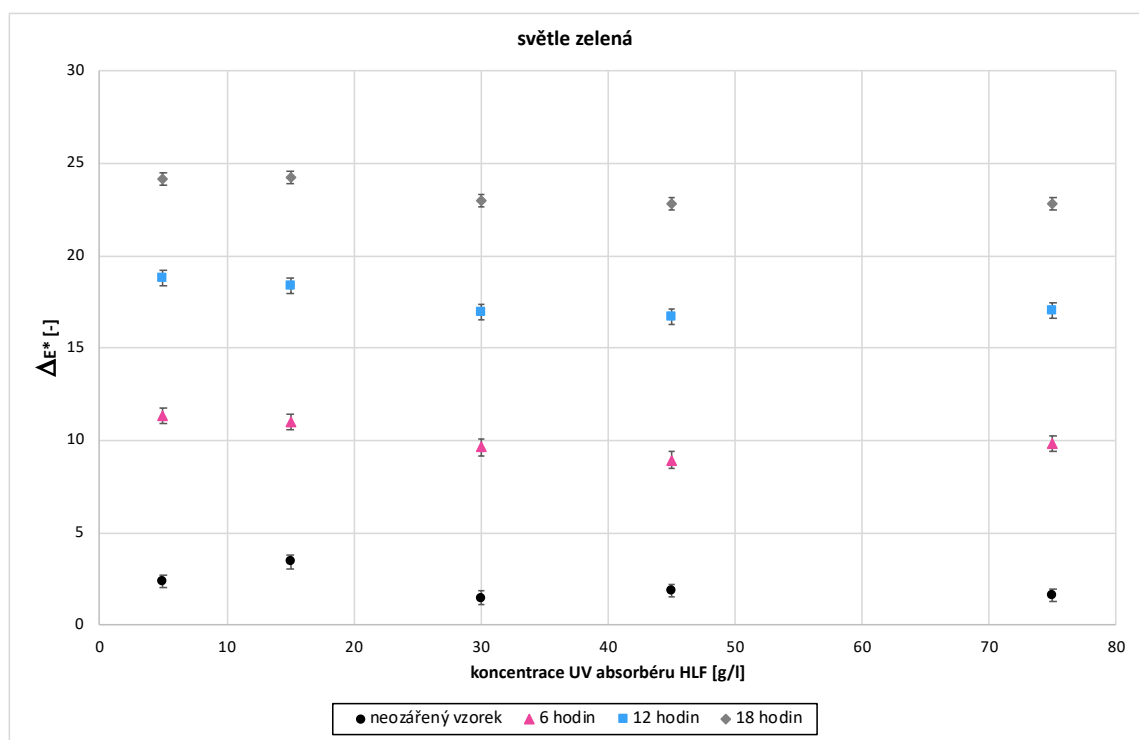
Příloha č. 6 – Stálobarevnost na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou – technologie II.

Tab. 9 Hodnoty $L^*a^*b^*$ – změny odstínu – světle zelená, tmavě zelená hnědá

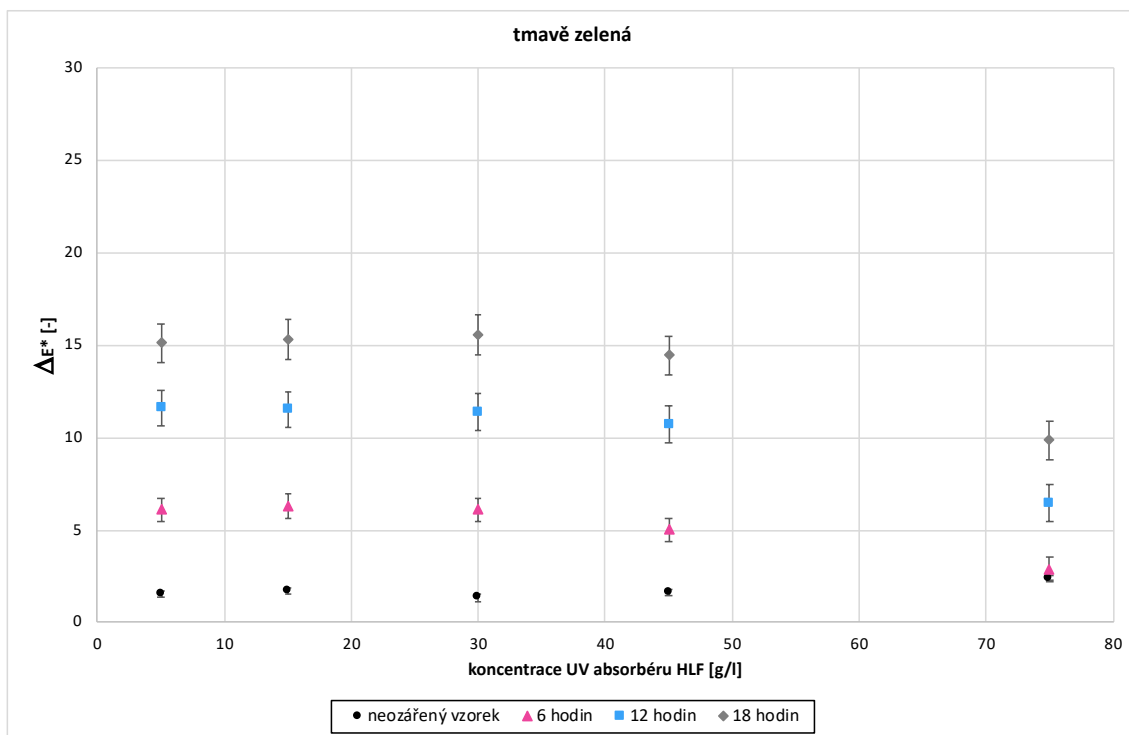
| SVĚTLE ZELENÁ | záření | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|---------------|------------------|-------|--------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 57,97 | -25,32 | 12,91 | 2,34 | 0,33 | 2,32 | 2,36 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 60,41 | -28,00 | 14,90 | 3,43 | 0,19 | 3,41 | 3,44 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 61,68 | -25,59 | 13,06 | 1,48 | 0,27 | 1,46 | 1,49 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 61,78 | -25,68 | 14,08 | 1,88 | 0,32 | 1,86 | 1,90 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 59,92 | -25,09 | 11,51 | 1,63 | 0,35 | 1,61 | 1,65 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 55,48 | -18,54 | 20,99 | 11,32 | 0,71 | 11,28 | 11,37 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 57,52 | -19,28 | 22,03 | 11,01 | 0,87 | 10,96 | 11,06 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 59,26 | -18,71 | 20,23 | 9,62 | 0,87 | 9,56 | 9,67 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 58,81 | -18,94 | 19,41 | 8,93 | 0,82 | 8,88 | 8,98 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 57,94 | -18,43 | 19,96 | 9,84 | 0,68 | 9,80 | 9,88 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 57,90 | -12,81 | 27,13 | 18,79 | 1,26 | 18,71 | 18,87 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 60,09 | -13,64 | 27,46 | 18,36 | 1,27 | 18,29 | 18,44 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 61,16 | -12,89 | 24,88 | 16,97 | 1,34 | 16,89 | 17,06 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 60,94 | -13,28 | 24,90 | 16,71 | 1,26 | 16,63 | 16,79 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 59,68 | -13,17 | 25,29 | 17,06 | 1,14 | 16,99 | 17,13 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 61,20 | -7,04 | 29,09 | 24,13 | 1,16 | 24,06 | 24,20 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 62,71 | -7,19 | 29,27 | 24,24 | 1,37 | 24,16 | 24,33 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 64,27 | -7,57 | 27,41 | 22,97 | 1,46 | 22,88 | 23,06 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 63,79 | -7,41 | 27,08 | 22,80 | 1,34 | 22,72 | 22,89 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 63,07 | -7,47 | 27,37 | 22,84 | 1,13 | 22,77 | 22,91 |

| TMAVĚ ZELENÁ | záření | L^* | a^* | b^* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|--------------|------------------|-------|-------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 39,31 | -9,37 | 11,68 | 1,53 | 0,26 | 1,51 | 1,54 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 39,32 | -9,41 | 11,98 | 1,73 | 0,21 | 1,72 | 1,75 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 39,86 | -9,02 | 11,76 | 1,34 | 0,24 | 1,32 | 1,35 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 40,39 | -8,55 | 9,64 | 1,60 | 0,47 | 1,57 | 1,63 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 39,87 | -6,93 | 8,82 | 2,39 | 0,22 | 2,38 | 2,40 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 39,25 | -3,47 | 14,89 | 6,11 | 0,49 | 6,08 | 6,14 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 39,57 | -3,28 | 14,98 | 6,32 | 0,43 | 6,29 | 6,34 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 39,58 | -3,47 | 14,87 | 6,10 | 0,55 | 6,06 | 6,13 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 40,22 | -3,90 | 13,59 | 5,04 | 0,49 | 5,01 | 5,07 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 39,32 | -5,22 | 11,33 | 2,90 | 0,38 | 2,88 | 2,93 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 41,27 | 1,08 | 17,82 | 11,62 | 0,40 | 11,60 | 11,65 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 41,64 | 0,91 | 17,79 | 11,54 | 0,63 | 11,50 | 11,58 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 41,62 | 0,76 | 17,76 | 11,40 | 0,56 | 11,37 | 11,44 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 42,13 | 0,45 | 16,86 | 10,74 | 0,68 | 10,70 | 10,79 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 40,86 | -2,27 | 13,40 | 6,47 | 0,18 | 6,46 | 6,48 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 43,57 | 3,77 | 19,35 | 15,13 | 0,60 | 15,09 | 15,17 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 44,04 | 3,80 | 19,44 | 15,33 | 0,54 | 15,30 | 15,37 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 44,23 | 3,71 | 19,86 | 15,56 | 0,73 | 15,52 | 15,61 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 44,15 | 3,53 | 18,11 | 14,45 | 0,98 | 14,39 | 14,51 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 42,96 | -0,25 | 15,79 | 9,87 | 0,43 | 9,85 | 9,90 |

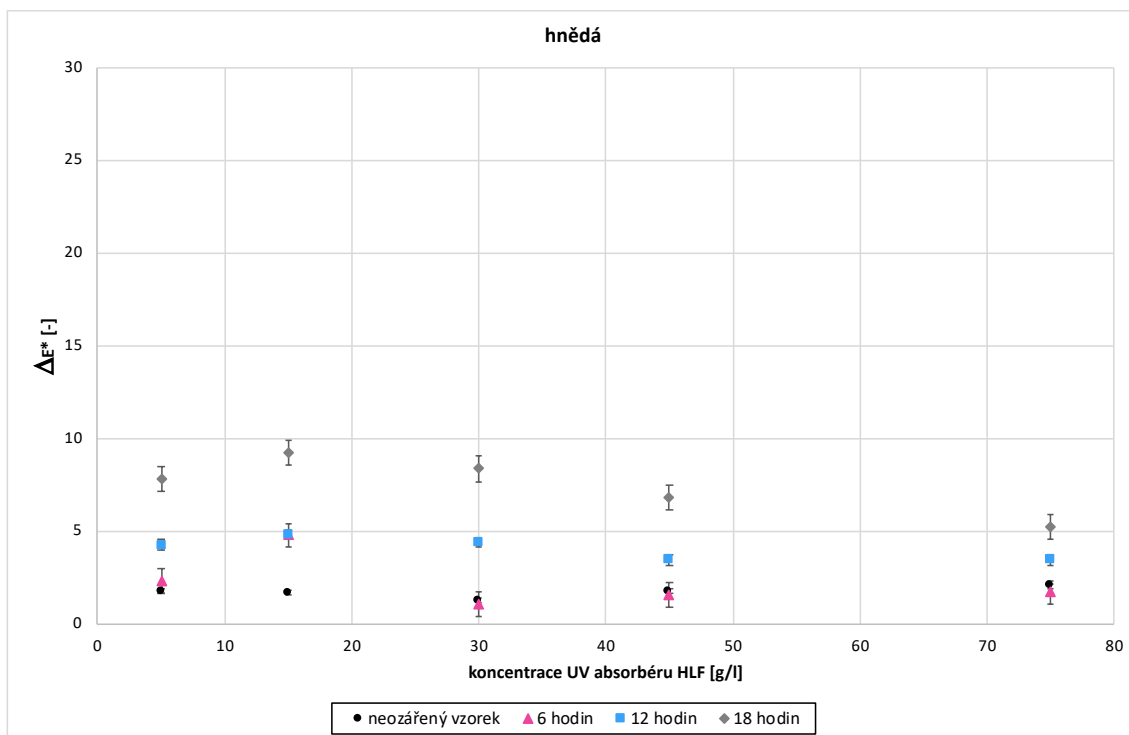
| HNĚDÁ | záření | L* | a* | b* | ΔE^* | s | 95% IS \leq | 95% IS \geq |
|-----------|------------------|-------|------|-------|--------------|------|---------------|---------------|
| 5g/l HLF | neozářený vzorek | 19,93 | 0,15 | -2,15 | 1,82 | 0,12 | 1,81 | 1,82 |
| 15g/l HLF | neozářený vzorek | 19,86 | 0,01 | -1,85 | 1,72 | 0,41 | 1,70 | 1,75 |
| 30g/l HLF | neozářený vzorek | 20,71 | 0,46 | -2,08 | 1,30 | 0,23 | 1,29 | 1,31 |
| 45g/l HLF | neozářený vzorek | 22,42 | 0,38 | -2,62 | 1,83 | 0,29 | 1,81 | 1,85 |
| 75g/l HLF | neozářený vzorek | 22,78 | 0,35 | -2,70 | 2,10 | 0,75 | 2,05 | 2,15 |
| 5g/l HLF | 6 hodin | 19,42 | 0,08 | 0,02 | 2,34 | 0,60 | 2,30 | 2,38 |
| 15g/l HLF | 6 hodin | 22,18 | 3,62 | 1,83 | 4,83 | 0,47 | 4,80 | 4,86 |
| 30g/l HLF | 6 hodin | 20,83 | 0,83 | -1,22 | 1,11 | 0,18 | 1,09 | 1,12 |
| 45g/l HLF | 6 hodin | 22,55 | 0,48 | -2,19 | 1,63 | 0,35 | 1,61 | 1,65 |
| 75g/l HLF | 6 hodin | 22,49 | 0,27 | -2,51 | 1,75 | 0,12 | 1,75 | 1,76 |
| 5g/l HLF | 12 hodin | 21,57 | 3,06 | 1,77 | 4,31 | 0,62 | 4,27 | 4,34 |
| 15g/l HLF | 12 hodin | 22,11 | 3,75 | 1,77 | 4,88 | 0,48 | 4,85 | 4,91 |
| 30g/l HLF | 12 hodin | 22,73 | 3,54 | 1,02 | 4,43 | 0,57 | 4,40 | 4,47 |
| 45g/l HLF | 12 hodin | 23,79 | 1,83 | 0,56 | 3,49 | 0,44 | 3,47 | 3,52 |
| 75g/l HLF | 12 hodin | 23,79 | 1,83 | 0,56 | 3,49 | 0,44 | 3,47 | 3,52 |
| 5g/l HLF | 18 hodin | 23,75 | 5,43 | 3,93 | 7,87 | 0,48 | 7,84 | 7,90 |
| 15g/l HLF | 18 hodin | 25,14 | 6,55 | 4,17 | 9,29 | 0,68 | 9,25 | 9,34 |
| 30g/l HLF | 18 hodin | 24,58 | 6,06 | 3,63 | 8,41 | 0,85 | 8,36 | 8,46 |
| 45g/l HLF | 18 hodin | 26,14 | 3,70 | 2,06 | 6,85 | 0,63 | 6,81 | 6,89 |
| 75g/l HLF | 18 hodin | 25,34 | 2,76 | 0,95 | 5,28 | 0,73 | 5,23 | 5,32 |



Obr. 28 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou

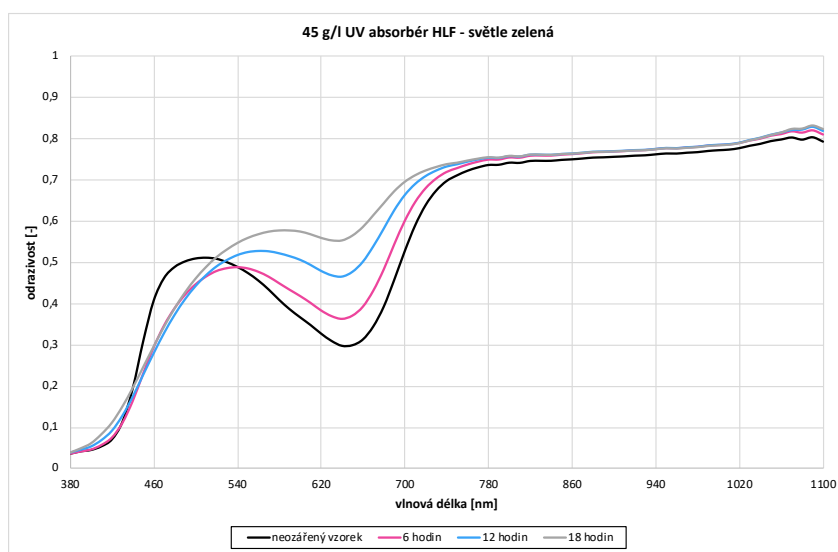


Obr. 28 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou

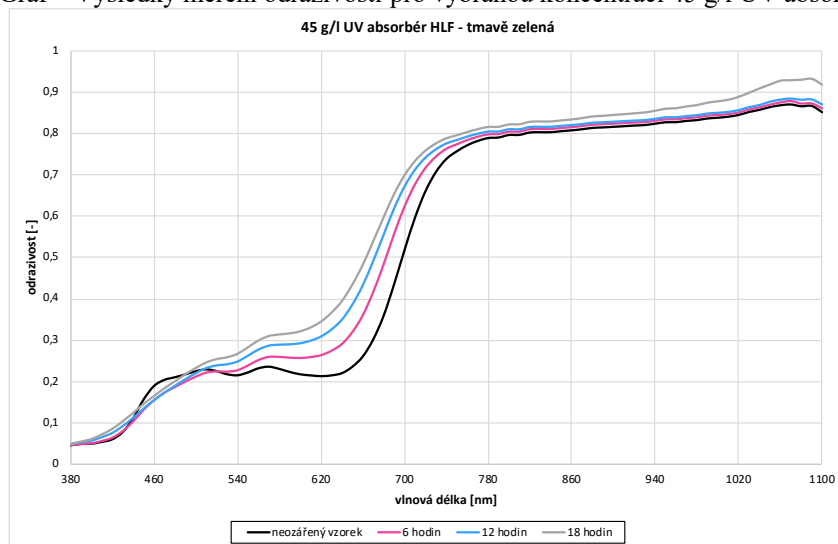


Obr. 29 Graf – Změna barevného odstínu termochromních pigmentů po stálobarevnosti na umělém světle: zkouška s xenonovou výbojkou

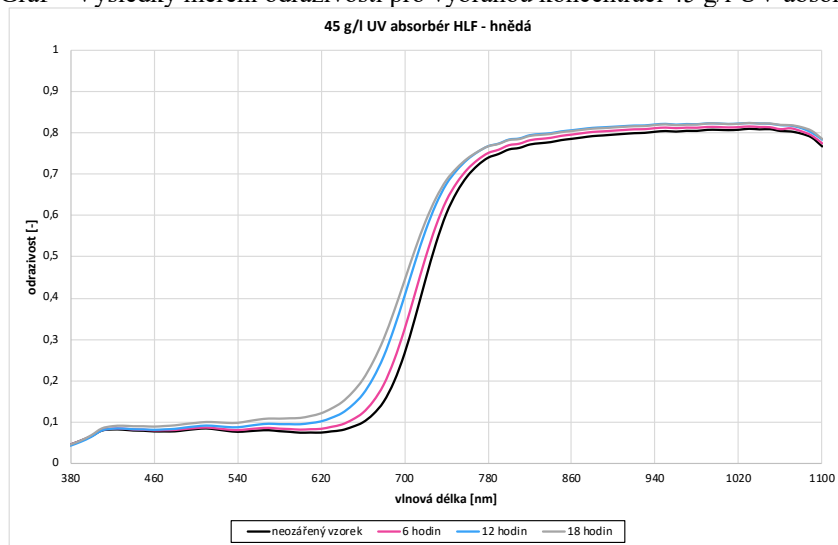
Příloha č. 7 – Výsledky měření odrazivosti



Obr. 30 Graf – Výsledky měření odrazivosti pro vybranou koncentraci 45 g/l UV absorbéru HLF



Obr. 31 Graf – Výsledky měření odrazivosti pro vybranou koncentraci 45 g/l UV absorbéru HLF



Obr. 32 Graf – Výsledky měření odrazivosti pro vybranou koncentraci 45 g/l UV absorbéru HLF

Příloha č. 8

Tato příloha je umístěna na přiloženém CD. Příloha obsahuje grafické vyhodnocení stálobarevnosti v otěru pro UV absorbér s označením PEX.

Příloha č. 9

Tato příloha je umístěna na přiloženém CD. Příloha obsahuje grafické vyhodnocení stálobarevnosti v potu (kyselý a alkalický roztok) pro UV absorbér s označením PEX.

Příloha č. 10

Tato příloha je umístěna na přiloženém CD. Příloha obsahuje grafické vyhodnocení stálobarevnosti v domácím a komerčním praní pro UV absorbér s označením PEX.

Příloha č. 11

Tato příloha je umístěna na přiloženém CD. Příloha obsahuje grafické vyhodnocení stálobarevnosti na umělém světle: Zkouška s xenonovou výbojkou pro UV absorbér s označením PEX.